K. XXIII. 14/a

Bot. o. 65/1

Bot. o ─ 1

Grundzüge

der

wissenschaftlichen Botanik.

Grundzüge

der

Wissenschaftlichen Botanik

nebst einer

Methodologischen Einleitung

als

Anleitung zum Studium der Pflanze

von

M. J. Schleiden, Dr.

Ausserordentlichem Professor zu Jena.

Motto: Ich bild' mir nicht ein, was Rechtes zu wissen.
Faust.

SCHÖNLEIN

Erster Theil:

Methodologische Einleitung. Vegetabilische Stofflehre. Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Leipzig.
Verlag von Wilhelm Engelmann.

1842.

Sr. Excellenz

dem wirklichen Geheimrath, Freiherrn

Alexander von Humboldt

als

Zeichen seiner Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.

Ew. Excellenz!

Als der Knabe, wie Knaben pflegen, in Beschreibungen fremder Länder und Völker, in den Schilderungen abenteuerlicher Seefahrten und gefahrvoller Wanderungen durch wilde, reiche Tropenwelten Nahrung für seine kindliche Phantasie suchte, begegnete ihm überall Ihr Name und der jugendliche Hang zur Bewunderung alles Grossen umkleidete bald Ihr Bild mit dem zauberischen Glanze des Wunderbaren und Geheimnissvollen. Die seltsame Macht, welche die Aneinanderreihung an sich unbedeutender Beziehungen so oft auf den Menschen ausübt, drängte den Jüngling auf eine Bahn, die erst der werdende Mann, begünstigt durch die treueste Vaterliebe, wieder verliess, um sich ganz dem Stu-

dium der Natur zuzuwenden, welches er, vielleicht mit Unrecht, als seinen inneren Beruf anzusehen sich gewöhnte. Hier gestaltete sich nun die kindliche Bewunderung bald zu einer tiefen, sich ihrer Gründe bewussten Verehrung vor dem Manne, der wie keiner alle Zweige der Natur umfassend, wie keiner sein ganzes Leben, seine geistige wie materielle Kraft der Fortbildung der Wissenschaft geopfert hatte. Dazu gesellte sich die wärmste Dankbarkeit, indem Sie mit freundlicher Nachsicht meine ersten Versuche aufnahmen, durch Ihre Theilnahme förderten und mir den Muth gaben, auf der gewählten Bahn hoffnungsvoll weiter zu streben.

Wenn ich jetzt die Resultate zehnjährigen Beobachtens und Nachdenkens in Gegenwärtigem Ihnen zu widmen wage, so geschieht es nur, um dem in-

nern Drange zu genügen, der Ihnen so gern ein sichtbares Zeichen dieser aufrichtigen Verehrung darbieten möchte. Ich bringe Ihnen das Beste dar, was ich habe. Dass das vielleicht sehr wenig ist, will ich gern zugestehen. Aber gewiss bin ich, dass, wenn auch nur etwas Gutes darunter ist, es dem Auge des Mannes nicht entgehen wird, der selbst das Höchste leistend, stets mit liebevoller Nachsicht und Schonung auch die unbedeutendste der Wissenschaft dargebrachte Gabe freundlich aufnahm, und erst indem er sie an ihren rechten Platz stellte, ihr einen Werth zu verleihen wusste, den sie für sich nicht hatte.

In dieser Ueberzeugung und hoffend, dass Sie mehr den Wunsch meines Herzens als die That messend mir die so oft bewiesene Nachsicht zu

Theil werden lassen, wage ich es Ihnen diese Blätter zu widmen als Zeichen der innigen Verehrung, mit der ich verharre

Ew. Excellenz

aufrichtig ergebener

M. J. Schleiden, Dr.

Vorwort.

Wer aus dem vorliegenden Buche Botanik zu lernen denkt, der möge es nur gleich wieder ungelesen bei Seite legen, denn Botanik lernt man nicht aus Büchern. Dem aber, der die Natur in der Natur selbst zu erforschen strebt und sich dabei nach einem Führer umsieht, der ihn vor manchem vielleicht nahe liegenden Irrweg warnt, manchen Fehler, zu dem verführerischer Schein reizt, vermeiden lehrt, biete ich diese Grundzüge an. Nach vielfachen eignen Untersuchungen, nach ernstem Nachdenken glaube ich manche Verkehrtheit meiner Bestrebungen erkannt zu haben, manche verlorne Zeit bereuen zu müssen, wo richtige Methode mich hätte schützen und leiten können. Ich lege deshalb am meisten Werth auf die Fingerzeige, die ich in dieser Hinsicht besonders in der methodologischen Einleitung gegeben. Mir scheint es sehr nöthig zu seyn, dass wir einmal in dieser Beziehung unser überkommenes Erbtheil überblicken und, ehe wir weiter gehen, uns darüber verständigen, ob wir auch auf dem rechten Wege sind. In der Hauptsache selbst habe ich daher bei Weitem mehr darauf gesehen, alles das aus der Wissenschaft auszumerzen, was nicht der strengsten Kritik Stich hält, ich habe mehr mich bemüht, überall die

noch vorhandenen wesentlichen Lücken scharf hervorzuheben, als dass ich viel Eignes und Neues glaubte geboten zu haben. Es giebt ja der tüchtigen Kräfte in Deutschland genug, um die grossen Mängel, die ich aufweisen zu müssen glaubte, zu beseitigen, sobald sie nur erst fühlbar gemacht sind. Ich habe kein System schreiben wollen, es war vielmehr meine Absicht im Gegensatz gegen die Systemwuth unserer Tage die grosse und zum Theil noch unvermeidliche Lückenhaftigkeit der Wissenschaft in ein recht grelles Licht zu setzen und nachzuweisen, wie ein System, wenn es mehr als ein blos logisches Fachwerk zu mnemonischen Zwecken seyn soll, zur Zeit noch eine Unmöglichkeit, als Aushängeschild also eine leere Charlatanerie sey. Insbesondere habe ich mir daher Mühe gegeben, überall zu zeigen, was noch zu thun sey, und die Aufgaben im Ganzen wie im Einzelnen scharf zu fassen. Hin und wieder mag man auch vielleicht einzelnes Neue finden, was sich mir nach und nach bei meinen Forschungen dargeboten hat.

Bis jetzt hat mir nur geringes Material zu Gebote gestanden; weder haben die Tropen ihre reichen Schätze vor mir entfaltet, noch habe ich über einen reichen Pflanzengarten so disponiren können, um seine Pfleglinge für wissenschaftliche Zwecke zu opfern, aber ich habe mich mit redlichem Willen bemüht, das, was mir das Schicksal in die Hand gab, nach besten Kräften gründlich zu erforschen. So ist extensiv meine Thätigkeit verschwindend klein gegen die Masse des auf der Erde vorhandenen Stoffes, und daraus werden grosse Mängel meiner Arbeit resultiren, deren Verbesserung durch glücklichere Naturen Niemand heisser wünschen

kann, als ich. Wenn ich gleichwohl oft genug Männern widerspreche, denen doch jene Schätze eröffnet waren, so geschieht dies in dem unerschütterlichen Glauben an die Nothwendigkeit einer richtigen Methodik und in der Ueberzeugung, dass auf falschem Wege das Rechte nie gefunden werden könne. Richtige leitende Maximen aber lassen sich auch aus einer intensiven Betrachtung eines geringern Theils des Stoffes ableiten. So lässt sich eine Verwerfung dessen rechtfertigen, was in Widerspruch mit jenen leitenden Maximen aufgestellt, und ein begründetes „*non liquet*" aussprechen über das, was ohne Berücksichtigung derselben gefunden ist.

Einen Grundfehler habe ich gleich zu vermeiden gesucht, nämlich den, die Phanerogamen voranzustellen und aus ihnen die Kryptogamen zu erklären. Dass in der Geschichte der Wissenschaft die sich zuerst aufdrängenden grösseren Phanerogamen auch zuerst Gegenstände des Studiums wurden, ist leicht begreiflich; aus diesem ganz zufälligen Umstand aber eine methodische Regel zu machen, ja sogar ein Princip für die Erklärungsversuche abzuleiten ist unbegreiflich verkehrt. Vom Einfachen zum Zusammengesetzten fortzuschreiten, ist die allgemeinste methodische Regel, das Zusammengesetzte aus dem Einfachen zu erklären und nicht umgekehrt, die unbedingteste hermeneutische Vorschrift. Kein wirklich wissenschaftlich Gebildeter wird in Abrede stellen, dass es für die Thätigkeiten unseres Geistes eine gewisse natürliche Gesetzmässigkeit giebt, der wir nicht untreu werden dürfen, ohne rettungslos Irrthümern anheimzufallen. Seit den ältesten Zeiten haben die grössten Denker sich bemüht, diese Gesetzmässigkeit zu erforschen, klar zu machen und in bestimmten Sätzen aus-

zusprechen. Ja seit *Aristoteles* bis auf die neueste Zeit wagte kein Mann von Wissenschaft, die unbedingte Gültigkeit der mit *Aristoteles* beginnenden, durch Scholastiker u. s. w. zuletzt durch *Kant* ausgebildeten Logik als Kathartikon der Wahrheit in Abrede zu stellen, selbst die Männer nicht, welche aus Mangel an logischer Ausbildung die schmählichste Verwirrung in der Philosophie anrichteten. Erst in neuester Zeit hat uns *Hegel* seine Spielerei mit immer kauderwelschen und geschmacklosen, meist auch sinnlosen Formeln für eine neue, höhere Weisheit in diesem Felde verkaufen wollen. In Schule und Colleg hört man nun zwar, dass es eine solche Gesetzmässigkeit unseres Geistes giebt, dass die tiefsten Köpfe ihr Leben daran gesetzt, diese Gesetze zu entwickeln und zu begründen, dass es ohne diese Gesetzmässigkeit keine ächte wissenschaftliche Thätigkeit gäbe; aber sowie man an einen andern speciellen Zweig des Wissens kommt, hat man Alles wieder vergessen, von Anwendung des Gelernten ist keine Rede. Ja man hört wohl gar: wozu die trockene Logik, die hat jeder gesunde Kopf von selbst. Kindische Eitelkeit, die sich einbildet, das so vorweg zu haben, an dessen immer weiterer Ausbildung und Begründung seit Jahrtausenden zu arbeiten, die scharfsinnigsten Köpfe, die ausgezeichnetsten Denker nicht verschmäht haben. Hier finde ich grade den grossen Grundfehler in der Bearbeitung unserer Wissenschaft, der alle unsere Bestrebungen so haltungslos und unsicher macht, dass die Systeme kommen und gehen wie Ephemeren, dass was heute aufgestellt und bewundert die ganze Wissenschaft ergreift und beherrscht, morgen durch eine einzige tüchtige Beobachtung über den Haufen geworfen wird. Ich kann nicht

verlangen, dass Jeder grade mit mir die Vollendung der Fries'schen Logik anerkennt und nach ihr sich richtet, aber eine logische Gesetzlichkeit überhaupt muss er anerkennen und nach ihr consequent sich richten, und selbst mag er dann angeben, nach welchem Codex er beurtheilt seyn wolle. Solche Fehler, wie die Aufstellung eines Satzes, dessen unmittelbare Folgerung einem ebenfalls behaupteten Satze gradezu widerspricht, heisst keine Logik gut [1]) und sind in wissenschaftlichen Arbeiten unentschuldbar, und doch liefern die meisten botanischen Schriften solcher Beispiele genug.

Ueberall aber ist das Ideal, welches mich belebte, Wahrheit gewesen und zwar die reine und ungeschminkte Wahrheit. Das sogenannte Geistreiche (Spiele des Witzes mit Analogien und Vergleichungen u. dergl.) habe ich deshalb streng vermieden; wo es sich etwa eingeschlichen, bitte ich um Entschuldigung und Verwerfung, denn ich halte es für Oberflächlichkeit und gegen den Ernst der Wissenschaft gehalten für widerlich und geschmacklos. Wer einen so verdorbenen geistigen Magen hat, dass er solcher exotischen Gewürze bedarf, um die einfache, reine Wahrheit annehmlich und schmackhaft finden zu können, der ist überhaupt nicht für die Wissenschaft geschaffen, sondern höchstens für die Tändeleien des Salons.

1) Etwa mit Ausnahme *Hegel's*. Aber Gott sey Dank, noch haben wir keine hegelisirenden Botaniker und der Himmel möge uns bewahren. In die Naturwissenschaft hat überhaupt die Hegelei sich nicht recht hineingewagt, vielleicht aus einem gewissen Schamgefühl, weil das erste Auftreten ihres Oberpriesters in dieser Beziehung eine schmähliche Blamage seiner Philosophie war, nämlich der Nachweis der Unmöglichkeit der Asteroiden aus sogenannter Speculation in demselben Jahre, in welchem sie entdeckt wurden.

In der Wissenschaft ist, wie gesagt, Wahrheit das einzige leitende Princip, gegen welches jede andere Rücksicht zurückstehen muss. Der Wahrheit werden wir aber auch dann ungetreu, wenn wir die Oberflächlichkeit und Unwissenheit der arroganten *Turpin* und *Raspail* mit denselben achtungsvollen Worten begrüssen, wie die geniale Tiefe des so liebenswürdig bescheidenen *Rob. Brown*; der Wahrheit werden wir ungetreu, wenn wir die strenge Redlichkeit und Gewissenhaftigkeit eines *Brisseau-Mirbel*, der sich nie scheute, einen begangenen und erkannten Irrthum ausdrücklich und öffentlich ausser Curs zu setzen, nicht von der Leichtfertigkeit unterscheiden, mit der *Meyen* und Andere die vielen Thorheiten, die sie in die Welt hineingeschrieben haben, entweder stillschweigend fortcirculiren lassen, oder gar durch Verdrehung ihrer eignen Worte der neu erkannten Wahrheit unterzuschieben suchen; der Wahrheit werden wir ungetreu, wenn wir nicht den Unterschied anzuerkennen wissen zwischen der sorgfältig, fast ängstlich prüfenden, stetig fortschreitenden Ueberzeugungstreue eines *Treviranus* selbst da, wo er irrt, und der geistreich tändelnden Manier *Link's*, der durch einzelne Geistesblitze Manches treffend, Manches auch gar schief beleuchtet und nie eine ernste wissenschaftliche Ueberzeugung zeigt, ja sie wohl gar zu vermeiden scheint; der Wahrheit werden wir endlich selbst dann ungetreu, wenn wir nicht die verschiedenen Nuancen richtig auffassen, die sichtbar hervortreten in der wissenschaftlichen Thätigkeit *H. Mohl's*, der durch tief eindringende gründliche Untersuchung des Einzelnen im Kleinen Grosses leistet, und der *Endlicher's*, der mit stupender das Ganze der Wissenschaft umfassender Gelehrsamkeit zwar im

Einzelnen zuweilen fehlgreifend, doch im Ganzen grossartig für die Wissenschaft wirkt.

Dieser Ueberzeugung treu habe ich im Folgenden mannigfach Männer von ausgezeichnetem Ruf scharf getadelt, aber nirgends, wie mir mein Bewusstseyn sagt, aus einer andern Ursache, als weil ich es der Wissenschaft schuldig zu seyn glaubte, nirgends, wie die Sache selbst zeigt, mit blossem Absprechen mich begnügend, sondern mein Urtheil mit wissenschaftlichen Gründen belegend. *Sine ira et studio* bin ich ***Rob. Brown*** und ***Hugo Mohl***, die ich unter den Lebenden am höchsten verehre, wo ich dazu berechtigt zu seyn glaubte, eben so freimüthig entgegengetreten, als allen Andern; ich habe dankbar anerkannt, was ich von *Corda* wirklich gelernt, auf den ich übrigens aus den S. 93 ff. entwickelten Gründen gar nichts gebe. Ich achte ***Meyen's*** Fleiss, der in seinem Leben mein beständiger Gegner war, hoch und gestehe gern, dass ich im Einzelnen viele Belehrungen von ihm empfing. Selbst *Liebig* habe ich gern, wo ich nur konnte, lobend angeführt, obwohl ich nicht in Abrede stellen mag, dass ich über sein Buch empört mit einer Derbheit gesprochen, die ich vielleicht meinen Lesern abbitten muss, nicht aber ihm; denn nach der unerhörten Unverschämtheit, mit der er über alle Pflanzenphysiologen in Bausch und Bogen raisonnirt, musste ich fürchten, in einer andern Sprache nicht von ihm verstanden zu werden [1]. Mancher wird mich vielleicht für einen Zänker halten, weil ich in warmer Begeisterung für unsere Wissenschaft das Ideal, welches mir vorschwebte, an jede Leistung hielt und offen ihren Ab-

1) Man vergl. meine Recension in der neuen Jenaischen Literaturzeitung, 1842.

stand aussprach. Ich halte dies aber für erspriesslicher und der Würde der Wissenschaft angemessener, als Höflichkeitsphrasen, denen man oft ihre Unwahrheit auf den ersten Blick ansieht. Jedem redlichen Manne reiche ich im Leben freundlich die Hand, aber was wir in der Wissenschaft leisten, ist alles, mein eignes obenan, Stückwerk, und das sollen wir offen aussprechen, damit wir weiter streben, nicht aber mit Redensarten und Complimenten uns gegenseitig weiss machen, wir wüssten was Besonderes und könnten auf unsern Lorbeeren ausruhen. Es bleibt jedem Forscher noch Tüchtiges genug, so dass wir die gegenseitige Lobassecuranz gern den literarischen Betteljungen der belletristischen Journalistik überlassen können.

Mein Tadel hat ferner vorzugsweise Männer von ausgezeichnetem Ruf getroffen, nicht weil ich glaube, Alles besser zu verstehen, als sie, oder mich ihnen auch nur an die Seite setzen zu dürfen, sondern weil es nicht der Mühe lohnt, die Fehler untergeordneter Geister aufzudecken, die schnell mit ihren Fehlern im Meere der Vergessenheit untergehen. Grade die Fehler ausgezeichter Menschen wirken schädlich in der Wissenschaft, einmal, weil gar zu gern der Tross seichter Köpfe sich an solche Einzelheiten hängt, um daran den ganzen Mann zu sich herabzuziehen und dann, weil das *imitatorum vile pecus* fast nur die Fehler grosser Männer nachahmt, verbreitet und dadurch der Wissenschaft oft auf lange Zeit eine schiefe Richtung giebt. Ich erinnere nur an die Linné'sche Schule, die von ihrem Meister fast nur die Schwächen begriff und verarbeitete.

Meistentheils habe ich die falschen Ansichten nur hingestellt und widerlegt, ohne ihren Urheber zu nennen. Für den Eingeweihten wäre es überflüssig; für den Ler-

nenden ist es aber wichtiger den Irrweg zu erkennen und vermeiden zu lernen, als durch eine solche Einsicht vielleicht seine Begeisterung für einen grossen Mann einzubüssen. Besonders habe ich mich in der Einleitung darauf beschränkt, fast nur die Beispiele, die ja ebenso gut fingirt seyn könnten, ohne Namen zu geben. Wo es dagegen auf Beurtheilung des ganzen Schriftstellers ankam, und im speciellen Theile fast immer habe ich die bessern neuen Schriftsteller angeführt. Im Ganzen habe ich meinem (S. 162) ausgesprochenen Grundsatze gemäss die viele Literatur vermieden. Der Lernende soll die Sache, nicht Bücher kennen lernen, dem Gelehrten sage ich doch nichts Neues. Indessen habe ich möglichst dafür gesorgt, dass der Lernende nebenbei die wichtigsten Schriften kennen lerne. Manches mag übersehen seyn, Manches hatte ich nicht zur Hand, da mir beim Ausarbeiten des Buchs fast nur meine eigne Bibliothek zu Gebote stand. Titel und Citate aus andern Büchern abzuschreiben, ist aber nicht meine Art. Wer weitere literarische Nachweisungen wünscht, findet einzelne interessante Minutien bei *Link* (*Elem. phil. bot. Ed. II.*), die sehr vollständige insbesondere ältere Literatur bei *Treviranus* (Physiologie), die neuere sehr fleissig gesammelt bei *Meyen* (Physiologie, sowie in seinen Jahresberichten in *Wiegmann's* Archiv).

Insbesondere muss ich hier noch bemerken, dass im ganzen Buche durchweg nur die Resultate eigner Untersuchungen und zwar vollständiger Entwickelungsgeschichten in genügender Anzahl wiedergegeben sind; wo meine Untersuchungen unvollständig waren, wo ich Thatsachen von Andern aufnehmen musste, ist es stets ausdrücklich bemerkt. Es versteht sich aber von selbst, dass der grösste

Theil der gewonnenen Resultate mit dem, was Andere gegeben haben, übereinstimmt. Mir scheint es aber ungehörig, bei jedem Puncte immer die ganze Geschichte seiner wissenschaftlichen Ausbildung und Literatur zu wiederholen, lächerlicher Pedantismus, bei jedem Quark anzuführen, wer der erste Beobachter, der erste Behaupter war. Ich kann überhaupt in den Prioritätsstreitigkeiten nichts als Beewise recht erbärmlicher Kleinlichkeit sehen. Mein höchster Wunsch ist Förderung der Wissenschaft, mein Streben zu diesem Ziele ernst und eifrig; ob aber ein Anderer eine Thatsache, die ich fand, vier Wochen früher oder später drucken liess, ist mir völlig gleichgültig, wenn nur die Wissenschaft wirklich dadurch gefördert wird. Ich habe mich deshalb darauf beschränkt, nur da, wo mir eine ausgezeichnete Darstellung gleichviel ob älterer oder neuerer Zeit bekannt war, zur Vergleichung auf dieselbe zu verweisen.

Einzelne Verbesserungen sind am Ende des Bandes bemerkt.

Und somit übergebe ich mein Buch dem botanischen Publicum mit der Bitte um scharfes, aber begründetes Urtheil. Radotagen und wegwerfendes Absprechen, wie es leider gar sehr Mode ist, werde ich stillschweigend verachten, jede Verbesserung und wissenschaftliche Widerlegung aber freudig begrüssen.

Im Februar 1842.

M. J. Schleiden, Dr.
ausserordentl. Prof. in Jena.

Inhalt.

Methodologische Einleitung.

Seite

Eingang . 1

§. 1. Perioden der Wissenschaft 2

Die philosophische Grundlage 6

Gegenstände menschlicher Wissenschaft überhaupt 7

Geist und Körper . 8

Die drei Betrachtungsweisen des Körperlichen —

Die Botanik . —

Bestimmung der Aufgabe derselben 9

Erfahrung . —

Reflexion . 11

Hülfswissenschaften 12

§. 2. *Das Object der Botanik* 15

Erörterungen über den Begriff der Pflanze 17

Gegensatz des Organischen und Unorganischen —

Ueber den Gebrauch der Analogie 22

Uebergang aus dem Unorganischen ins Organische 24

Begriff des Lebens . —

Gegensatz zwischen Thier und Pflanze 28

" " Anatomie und Morphologie 30

Physiologie der Thiere und Pflanzen 31

§. 3. *Eintheilung der Botanik* 34

Allgemeiner und specieller Theil 35

Die Lehre von der Pflanzenzelle 36

Vegetabilische Stofflehre —

Morphologie . —

Organologie . —

§. 4. *Methode der Botanik* 39

Nothwendigkeit philosophischer Vorbildung, insbesondere der Logik . 40

Die drei Aufgaben der Methodik 42

I. Auffassung des Materials der Wissenschaft 43

§. 5. **II.** Selbstthätige Erforschung des Objects 45

I. *Regulative für wissenschaftliche Thätigkeit überhaupt. Anwendung der Logik* —

Seite
Beispiele . 46
A. Schluss aus Analogie —
B. Verwechselung der Erkenntnissquellen 47
C. Einheit des Systems der Naturwissenschaft —
Ueber physikalische Erklärungsgründe 48
D. Begründung der Urtheile 55
Beispiele . 57
1. Antheren der Kryptogamen —
2. Verwachsungen 59
3. Urschleim . 60
Beiläufig vom Werth der vergleichenden Naturbetrachtung 61
4. Zugleichseyn und Causalnexus 63
5. *Thouars'* Ansicht über Stammbildung —
6. Saftbewegung in den Pflanzen 65
§. 6. II. *Specielle Regulative für die Botanik* 68
Genauere Bestimmung der Aufgabe —
A. Die Objecte sind Pflanzen nicht Bücher —
B. Das Object der Wissenschaft ist die Pflanze im Allgemeinen, nicht eine bestimmte Art 70
§. 7. C. Stellung und Aufgabe der Botanik nach den Hülfsmitteln des menschlichen Erkenntnissvermögens 71
Botanik als theoretische Wissenschaft —
Letztes Ziel der Botanik 74
Zunächst mögliche Resultate —
Hülfsmittel zur Lösung der Aufgabe 76
a. Sicherstellung durch Anwendung der allgemeinen leitenden Maximen —
1. Geist und Körper sind ewig getrennte Anfänge verschiedener Weltansichten. Der theoretischen Wissenschaft ist allein die Körperwelt zugänglich 77
2. Gesetz der Einheit aller Naturwissenschaft . . 78
3. Gesetz der Sparsamkeit in der Natur —
4. Gesetz der Bewirkung und Gesetz der Wechselwirkung 79
b. Specielle Hülfsmittel 80
1. Begriffserklärungen —
2. Zeugnisse, Autoritäten 85
Wissenschaftliche Redlichkeit 91
§. 8. 3. Beobachtung und Experiment 99
Ableitung specieller leitender Maximen —
a. Maxime der Entwickelungsgeschichte . . . —
Beispiele 102
Gramineen —
Cyperaceen 103
b. Maxime der Selbstständigkeit der Pflanzenzelle 107
§. 9. c. Gebrauch des Mikroskops 112
Nothwendigkeit desselben —
Das Sehen im Allgemeinen 114
Grössenbestimmung durchs Auge 120
Einfaches Mikroskop 122
Zusammengesetztes Mikroskop 123
Beurtheilung des Werthes der Mikroskope . . —

Seite
§. 10. Bestimmung der Vergrösserung 126
Mikrometrie 129
Beleuchtung der Objecte 133
§. 11. Methode der mikroskopischen Untersuchung 136
Abwendung der Vorurtheile 137
Verhältniss des unbewaffneten Auges zum Mikroskop 140
Leitende Maxime für alle mikroskopische Beobachtungen 142
Sicherstellung gegen Täuschungen des Urtheils 143
Möglichst vielseitige Auffassung desselben Objects 151
§. 12. 4. Gebrauch der Inductionen 157
§. 13. **III.** Oeffentliche Darlegung wissenschaftlicher Resultate 160
Botanische Zeichnungen 164

Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik.

Allgemeiner Theil.

Erstes Buch.

Botanische Stofflehre.

Erstes Capitel.

Von den unorganischen Bestandtheilen.

§. 14. Chemische Elemente 169
§. 15. Binäre Verbindungen 171
§. 16. Salze . 172
Krystalle in den Pflanzen 173

Zweites Capitel.

Von den organischen Bestandtheilen.

Erster Abschnitt.

Von den assimilirten Stoffen im engern Sinne.

§. 17. Begriffserklärung 176
§. 18. Membranenstoff —
Amyloid . 177
Pflanzengallerte 178
Stärkemehl . -
Gummi . 182
Zucker . —

Seite
Inulin . 183
Fette Oele und Wachs —
§. 19. Schleim . 184
§. 20. Das Verhältniss der assimilirten Stoffe zu einander 185

Zweiter Abschnitt.
Von den übrigen unter dem Einfluss der Vegetation entstehenden Stoffen.

§. 21. Chlorophyll . 186
Pflanzenfarben . 187
Gerbstoff . 188
Weinsäure, Citronensäuse, Apfelsäure —
Viscin . 189
Humus . —
§. 22. Uebrige Secretionsstoffe 190

Zweites Buch.
Lehre von der Pflanzenzelle.

Erstes Capitel.
Formenlehre der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.
Die einzelne Zelle für sich.

§. 23. Entstehung der Pflanzenzelle 191
Cytoblastem . 192
Cytoblast . —
Vollständige Beobachtungen über die Zellenbildung . . . 193
Unvollständige Beobachtungen 194
Folgerungen aus den beobachteten Thatsachen 195
Analogien (thierische Zelle, Gährung, Krystallbildung) . . —
Geschichtliches und Kritisches 197
§. 24. Ausbildung der Pflanzenzelle zu verschiedenen Formen . . 200
Milchsaftgefässe 202
§. 25. Unregelmässige Verdickung der Zellenwände —
§. 26. Spiralige Verdickungsschichten 203
Natur und Ursprung der Spirale 204
Uebersicht der verschiedenen Formen (*Cellulae annuliferae, spiriferae, retiferae, porosae*) 206
Individuelle Ausbildung der Spiralfaser und abnorme Formen 208
Historisches und Kritisches 209
§. 27. Verschiedene Formen der Verdickungsschichten in derselben Zelle . 210
§. 28. Wiederholung der Schichtenbildung in derselben Zelle in gleicher und verschiedener Form 211
§. 29. Bildung von wirklichen Löchern in der Zellenwand 212

Zweiter Abschnitt.
Von den Zellen im Zusammenhang und den dadurch gebildeten Räumen.

§. 30. Gewebe . 213
§. 31. A. Parenchym . 214

Seite
§. 32. B. Intercellularsystem 215
§. 33. C. Gefässe . 217
§. 34. D. Gefässbündel 220
Cambium . 221
Gefässbündel 222
1. Gefässbündel der Kryptogamen 223
2. Gefässbündel der Phanerogamen —
α. Gefässbündel der Monokotyledonen 224
β. Gefässbündel der Dikotyledonen —
§. 35. E. Bastgewebe 227 u. 28
F. Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen . . . — —
G. Milchsaftgefässe 227 u. 29
§. 36. H. Filzgewebe a. bei Pilzen 230
b. bei Flechten —
§. 37. I. Epidermoidalgewebe 231 u. 33
a. Oberhaut — —
1. Epithelium — —
2. Epiblema — —
3. Epidermis, Spaltöffnungen — —
b. Appendiculäre Organe 232 u. 36
1. Papillen — —
2. Haare — —
3. Borsten — —
4. Brennhaare — —
5. Stacheln — —
6. Warzen — —
c. Korksubstanz 233 u. 38
d. Wurzelhülle — —

Zweites Capitel.

Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich.

§. 38. Begriffsbestimmung 239

I. *Aufnahme fremder Stoffe.*

§. 39. Endosmose 240
§. 40. Aufgenommene Stoffe (Wasser, Kohlensäure, Ammoniak) 243

II. *Assimilation und Secretion.*

§. 41. Process der Assimilation 245
§. 42. Process der Secretion 248

III. *Ausscheidung aus der Pflanzenzelle.*

§. 43. Exosmose . 251
§ 44. Ausscheidung der Gase 253

IV. *Gestaltung der assimilirten Stoffe.*

§. 45. Wachsthum durch Intussusception 254
§. 46. Wachsthum durch Schichtenbildung —

V. *Bewegung des Inhalts der Pflanzenzelle.*

§. 47. In Einem auf- und absteigendem Strome 255
§. 48. In netzförmig verästelten Strömchen 259
§. 49. Molecularbewegung 149

VI. *Bewegung der Pflanzenzelle.*

§. 50. Bei den Sporenzellen 261

Seite

VII. *Fortpflanzung der Zelle.*

§. 51. Bildung von Zellen in Mutterzellen 266
§. 52. Vermehrung der Zelle durch Theilung 268

VIII. *Das Ende des Zellenlebens.*

§. 53. Durch Aufhören des chemischen Processes in der Zelle . . 269
§. 54. Durch Auflösung und Resorption der Zelle 270
§. 55. Durch Aufhören der Endosmose und Zerstörung durch unorganische Einflüsse 271

Zweiter Abschnitt.

Leben der Zelle im Zusammenhang mit andern.

§. 56. Allgemeine Ansichten 272

I. *Allgemeine Modificationen des Zellenlebens durch Zusammentreten mehrerer Zellen.*

§. 57. Ernährung der benachbarten Zellen 273
§. 58. Verdunstung und Gasaustausch in Berührung mit der Luft 274
§. 59. Bildung spiraliger Verdickungsschichten und der Luftbläschen zwischen zwei Zellen 275
§. 60. Excretionen in bestimmter Form 276
Gallerte bei den Algen —
Eigenthümliche Haut der Sporen- und Pollenzellen . . . —
§. 61. Zusammenhang der Circulation in zwei benachbarten Zellen 277
§. 62. Relatives Leben der Zelle durch den Zusammenhang mit lebendigen Zellen 278

II. *Eigenthümlichkeiten im Leben ganzer Gewebe.*

§. 63. Gleichheit des Lebens in allen Zellen eines Gewebes . . . —
§. 64. Parenchym. Inhalt desselben 279
§. 65. Intercellularsystem 280
Intercellularsubstanz —
Behälter eigner Säfte —
§. 66. Gefässbündel . 281
§. 67. Bastzellen, Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen, Milchsaftgefässe 282
§. 68. Filzgewebe . 286
§. 69. Epidermoidalgewebe —
Eigenthümliche Excretionsschicht auf der Epidermis . . . —
Spaltöffnungen . 287
Brennhaare . —
§. 70. Wurzelhülle . 289

Methodologische Einleitung.

Nil magis praestandum est, quam ne pecorum ritu sequamur antecedentium gregem, pergentes non qua eundum est, sed qua itur.

Seneca de vita beata.

Eine gewaltige Umwälzung hat in den letzten dreissig Jahren die Naturwissenschaften erfasst. Der schlendriansmässige Gang, nach welchem früher die einzelnen Disciplinen abgeleiert wurden, die stereotypen Definitionen, die hergebrachten Eintheilungen und Fachwerke sind grösstentheils über den Haufen geworfen, ja selbst die einzelnen sogenannten Wissenschaften sind zum Theil anders begränzt, zum Theil gänzlich eingegangen, und dagegen andere neue früher kaum geahnete aufgetreten und zu durchgreifender Wichtigkeit gelangt. Aber wir sind noch weit entfernt, uns auf den Trümmern der Vergangenheit sicher wieder angebaut und wohnlich eingerichtet zu haben. Grossartig und heftig ist noch der Kampf der Ansichten, und wer irgend Kraft in sich fühlt etwas mehr als geistloser Compilator und Sammler zu seyn, sieht sich gezwungen, sich selbst aus den umherliegenden Werkstücken, Balken und Steinen so gut es gehen will eine Hütte zu zimmern, in der er sein Handwerksgeräth nach Möglichkeit zurechtlegt. Dies mag ein Hauptgrund mit seyn, warum in unserer Zeit eine solche Unzahl von

Eingang.

Systemen auftauchen und freilich auch meist Irrwischen gleich ebenso schnell wieder in die Nacht der Vergessenheit versinken. Leugnen lässt sich freilich nicht, dass die unzulängliche philosophische Vorbildung und besonders der gänzliche Mangel einer tüchtigen logischen Orientirung ebenso sehr, als die Eitelkeit und die Sucht, mit blos Neuem Aufsehen zu machen und sein eignes Ich auf Kosten der Wissenschaft hervorzuheben, einen grossen Antheil an der Unsicherheit und Haltungslosigkeit unserer naturwissenschaftlichen Bestrebungen im Allgemeinen haben.

Um so nöthiger wird es daher aber auch, dass der einzelne Lehrer, ehe er den Vortrag einer Wissenschaft beginnt, seinen Schülern gegenüber sich über die Art und Weise ausspreche, wie er die Wissenschaft aufgefasst und bearbeitet, welche Ansprüche sie daher an ihn zu machen berechtigt sind und inwiefern er diesen Ansprüchen zu genügen im Stande seyn werde. Es scheint mir daher zweckmässig der Sache selbst eine allgemeine Erörterung über die Bedeutung der Wissenschaft, ihr Object und die Art ihrer Behandlung voranzuschicken. Nur in dem letzten Puncte will ich dabei auf strengere wissenschaftliche Form Anspruch machen, dagegen die ersten beiden nur durch freiere Erörterungen soweit aufzuklären suchen, als für meinen Zweck nöthig scheint.

§. 1.

Perioden der Wissenschaft.

In der Geschichte der Menschen können wir füglich drei Bildungsstufen unterscheiden. Zuerst wirkt das dringende Bedürfniss, der Mensch schaut sich um und sucht nach den Mitteln diese Bedürfnisse zu befriedigen. Wenn er aber satt ist, tritt eine gewisse geistige Leere ein, er sehnt sich nach Beschäftigung und Neugier bewegt ihn, sich mit den ihn umgebenden Gegenständen bekannt zu machen, sie zu unterscheiden, sie

zu ordnen, und so sammelt er das Material für die dritte Stufe seiner Ausbildung, wo er als denkender Geist eingreift in die Masse der Erscheinungen, sich ihres inneren gesetzlichen Zusammenhanges bewusst zu werden sucht und so sich zur Wissenschaft erhebt.

Diesem gemäss können wir auch die Geschichte der Botanik in drei grosse Perioden eintheilen, die sich freilich nicht strenge nach Jahreszahlen abmessen lassen, da sich die zweite und dritte natürlich schon in einzelnen immer bestimmter und bewusster hervortretenden Erscheinungen in der ersten und zweiten vorbereiten. Die erste Periode umfasst die ganze Zeit von den Anfängen menschlicher Bildung überhaupt bis ins späteste Mittelalter. Von *Theophrast* und *Dioskorides*, dessen *Materia medica* die Grundlage aller spätern botanischen Werke wird, bis auf die Kräuterbücher und Herbarien des Mittelalters finden wir kaum etwas Anderes als die Aufzählung der Pflanzen, deren wirklicher oder eingebildeter Nutzen sie der genaueren Kenntniss der Menschen empfahl. Bis auf die beiden *Bauhine* (bis 1550) finden wir selbst meistens nur die Phrasen des *Dioskorides* abgeschrieben oder für Pflanzen, die diesem noch unbekannt waren, ähnliche kurze Angaben für ihre Anwendung in der Medicin nachgebildet.

Von da an greift der menschliche Forschungsgeist allmälig weiter und in dem Zeitraum von *Rajus* und *Tournefort* bis auf die *Linné*'sche Schule, die Akme dieser Periode, bildet sich das Streben aus, eine möglichst vollständige Uebersicht der Pflanzenformen und eine genaue scharfe Charakterisirung der Einzelnen zu gewinnen. Als Durchgangsperiode wichtig und nothwendig trägt diese Zeit doch eigentlich nur den Charakter einer mühsam vereinzelte Notizen sammelnden Neugier. Als durchaus bezeichnend für die von unserm jetzigen Standpuncte betrachtet freilich geistlose Art der Behandlung der Botanik, von der sich selbst der grosse *Linné* nur in einzelnen glücklichen Momenten genialer

Erhebung und gleichsam in Ahnung einer bessern Zukunft losmachen konnte, kann man die Worte *Boerhaave's* (*Histor. natural.*) anführen, wo er die Wissenschaft folgendermassen definirt:

„*Botanica est scientiae naturalis pars, cujus ope felicissime et minimo negotio plantae cognoscuntur et in memoria retinentur.*“

Erst in der neuesten Zeit entstand die eigentliche wissenschaftliche Botanik. Zwar hatten sich schon früher allmälig Anatomie, Physiologie, Geographie der Pflanzen u. s. w. als einzelne untergeordnete Theile der Botanik geltend zu machen gesucht, aber noch lange sahen die sogenannten Botaniker, d. h. die lebendigen Namenregister, mit einer Art mitleidigen Achselzuckens auf die, wie sie meinten, blosser Neugier und unbrauchbarer Grübelei dienenden Bestrebungen herab. Das sogenannte natürliche System, die durchdringende und allseitige Erkennung der Pflanzen vorbereitend, brach sich nur allmälig und unter heissen Kämpfen Bahn und ist kaum in der neuesten Zeit zu etwas allgemeinerer Anerkennung gelangt, obwohl es noch vielfach selbst von seinen Anhängern gänzlich missverstanden wird. Aber wir dürfen doch jetzt sagen, die Zeiten sind vorbei, wo ein Mann, der 6000 Pflanzen mit Namen zu nennen wusste, schon deshalb ein Botaniker, einer der 10,000 Pflanzen zu nennen wusste, ein grosser Botaniker genannt wurde, und die ehemals sogenannte systematische Botanik ist an ihren rechten Platz, die blosse Handlangerschaft der ächten und eigentlichen Wissenschaft, zurückgedrängt worden. Die Frage, mit welchem Manne wir diese Periode ächt wissenschaftlicher Pflanzenforschung beginnen sollen, kann von Verschiedenen verschieden beantwortet werden, weil wir diesem Anfange noch zu nahe sind und zum Theil in ihm selbst befangen leben. Ich halte mich fest davon überzeugt, dass die Nachwelt *Robert Brown* als Denjenigen bezeichnen wird, dessen eminentes botanisches Genie die neuere Zeit heraufbe-

schwor. In diesem originellen Geiste durchdrangen sich alle verschiedenen Zweige des botanischen Wissens zu einem harmonischen Ganzen, ihm kamen die nothwendigen Beziehungen der einzelnen Theile, ihr relativer Werth und ihre gegenseitige Verknüpfung zuerst zum klaren Bewusstseyn, durch ihn erhob sich die Kenntniss der Pflanzenorganismen zu einer lebendigen organisch gegliederten Wissenschaft, deren Ziel vollständige Einsicht in die gesetzmässige Entwickelung des Pflanzenlebens in allen Phasen seiner Existenz ist [1]).

Nach diesen Bemerkungen ist es kaum nöthig erst ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass in einer Disciplin, deren wissenschaftliche Behandlung noch so jungen Ursprungs ist, die kaum beginnt, sich unter der Leitung richtiger Methode zu entwickeln, — dass hier sich noch grosse Lücken finden müssen, dass ein grosser Theil ihres Gehaltes noch in schwankenden Aussprüchen, in den noch durch keine wissenschaftliche Vergliederung gesicherten Conceptionen einzelner genialer Köpfe bestehen müsse. Ich kann mich nicht dazu verstehen, wie es nur gar zu häufig in Vorträgen und Lehrbüchern geschieht, diese Mängel durch schönklingende sogenannte naturphilosophische Phrasen zu verhüllen, die einzelnen unter einander noch unverbundenen Theile an das Kreuz einer mit etwas Witz und Phantasie leicht auszuspinnenden angeblichen Theorie zu schlagen und dann triumphirend mit einem *ecce homo* darauf hinweisend, die Schüler über das Unzulängliche unserer Bestrebungen zu täuschen. Mir gilt der Ernst der Wissenschaft zu hoch, um mir selbst das unangenehme Gefühl ersparen zu dürfen, welches immer mit dem Bekenntnisse verbunden ist „unser Wissen ist Stückwerk". Vielleicht aber wird mir diese Offenheit auch um so

1) Und doch schrieb dieser grosse Mann kein System, kein grosses Buch wie so viele Andere, die längst vergessen seyn werden, wenn *Rob. Brown's* Name noch in unauslöschlichem Ruhme glänzt.

mehr Vertrauen gewinnen für diejenigen Puncte, wo ich mich berechtigt halte, etwas als unzweifelhafte Wahrheit vorzutragen. Meine Sorge aber wird es seyn müssen, durch die Art der Darstellung zu zeigen, dass nicht meine Unwissenheit, sondern die Natur des Gegenstandes die Schuld trägt, wenn ich da, wo man Aufschlüsse und Erklärungen, brauchbare Resultate erwartet hatte, nur die kahle Notiz „*non liquet*" anbieten kann.

Philosophische Grundlage.

Wenn ich von dieser Seite mich sicher gestellt und den Ansprüchen an die Wissenschaft im Allgemeinen Schranken gesetzt habe, so bleibt mir noch übrig zu erörtern, inwiefern meine Kräfte dieser Wissenschaft gewachsen sind. Dazu muss ich etwas weiter ausholen, indem die nothwendige Stellung des einzelnen Bearbeiters zu seiner Wissenschaft sich nur aus ihrem Wesen und ihrer Stellung im ganzen Gebiete des menschlichen Wissens ergeben kann. Da hierbei aber die ganze philosophische Orientirung in Frage kommt, so darf mit Recht von mir verlangt werden, dass ich bei dem heftigen Streite der sich so sehr entgegengesetzten Schulen angebe, zu welcher ich denn gehöre, und da will ich offen mein Glaubensbekenntniss ablegen, dass ich, so weit die philosophische Forschung überhaupt meinen Kräften erreichbar ist, mit ganzer Seele der Kantisch-Friesischen Philosophie anhänge, dass ich insbesondere für die Naturwissenschaften kein Heil sehe, als in den Methoden der mathematischen Naturphilosophie, wie sie von unserm herrlichen ***Fries*** ausgebildet worden. Ja ich glaube behaupten zu dürfen, dass alle grossen Naturforscher, ich will nur an ***Laplace*** und ***Newton*** erinnern, von jeher wenn auch unbewusst Friesianer waren und dass es sich leicht nachweisen lässt, dass die sich offen zu andern Schulen bekennenden, wie z. B. ein ***Oken***, Alles, was sie Tüchtiges und Bleibendes geleistet haben, nicht ihrer Philosophie, sondern dieser zum Trotz dem Instincte des Genius verdanken.

Doch ich komme auf meine Aufgabe zurück. Sobald im Kinde das Bewusstseyn erwacht, wenn es anfängt sich als Ich dem Andern entgegenzusetzen, tritt es aus der vom Wissensdrange freien Unbefangenheit heraus und es entsteht dem Menschen die Nothwendigkeit der Erforschung. Hier tritt plötzlich die grosse Scheidewand zwischen Subject und Object, zwischen Ich und Du oder Er. Diese Entgegensetzung von Subject oder dem Forschenden und Object oder dem Gegenstande des Forschens ist fernerhin für unser ganzes Erdenleben ein Unvermeidliches und wir müssen uns entweder in die Nebel phantastischer Kinderträume zurückversetzen wie die Schelling'sche Schule, oder in arroganter Vermessenheit zum Gott aufschwellen wie die Anhänger *Hegel's*, um diesen Gegensatz aufzuheben. Schade dass kein klarer Kopf diese kindischen Spielereien der Phantasie für Wissenschaft erkennen und kein gesunder Kopf die prätendirte Gottheit glauben will.

Gegenstände menschlicher Wissenschaft überhaupt.

Aber schon in diesem ersten Anfange der menschlichen Geistesbildung trennen sich die beiden Hauptrichtungen der Erkenntniss nach der Verschiedenheit der Einleitung in dieselbe, nämlich die Wissenschaft der Selbstbeobachtung durch den innern Sinn und die Erkenntniss des Weltganzen durch die äussern Sinne. Diese Trennung ist aber in ihrer ursprünglichen Bedingtheit nichts vom Object unseres Forschens Abhängiges, sondern von dem Verhältnisse des Einzelnen zum Weltganzen veranlasst, denn auch das fremde Geistesleben kommt uns nur im Schluss nach vollständiger Analogie vermittelt durch die äussern Sinne zum Bewusstseyn, und es würde daher für jede andere Individualität die Wissenschaft vom Geiste einen andern Umfang haben. Es entsteht uns daher die Aufgabe, durch gegenseitigen Austausch die aus unserer Stellung zum Ganzen hervorgehende Einseitigkeit zu eliminiren, das Gleichartige zusammenzufassen und vom Heterogenen zu trennen, und das führt uns denn zur objectiven Begränzung jener beiden Theile der mensch-

Geist und Körper.

lichen Erkenntniss: 1) der wissenschaftlichen Erforschung der Geisteswelt; 2) dem Studium der Körperwelt. Dabei bleibt aber dieses letztere, weil es nur durch die Thätigkeit eben des menschlichen Geistes gefördert werden kann, immer von der vorigen als der Erkenntniss zunächst des menschlichen Geistes und seiner Gesetzmässigkeit abhängig.

Die drei Betrachtungsweisen des Körperlichen.

Den materiellen Theil des Weltganzen, das den äussern Sinnen sich als vorhanden Ankündigende, können wir füglich nach drei Beziehungen betrachten:

1) als qualitativ Verschiedenes,
2) als im Raume Bewegliches,
3) als Gestaltbares.

Diesen drei verschiedenen Betrachtungsweisen würden so ohngefähr die drei Disciplinen Chemie, Physik und Naturgeschichte entsprechen. Das Ideal der vollendeten Naturwissenschaft zerfiele eigentlich in Hylognosie und Phoronomie, denn in letzter Instanz müssen wir freilich einmal darauf zurückkommen, den Gestaltungsprocess auch als eine blosse Bewegung zu behandeln; indess sind wir noch lange nicht so weit und die Möglichkeit einer solchen Construction wird vielleicht von Vielen noch nicht einmal geahnet. Vorläufig können wir also an der gegebenen Eintheilung zweckmässig festhalten, indem wir die bewegende Kraft, soweit sie zu Gestalten führt, als Bildungstrieb bezeichnen, und auch den chemischen Process, der ebenfalls später einmal der Bewegungslehre anheimfallen muss, jetzt noch mit dem ersten Theil unter dem Namen Chemie vereinigen.

Botanik.

In der letzteren Beziehung nun, im Gebiet der gestaltenden (morphotischen) Processe können wir wieder nach dem Object unserer Forschung drei Hauptabtheilungen unterscheiden, nämlich die Bildung des Krystalls, der Pflanze und des Thiers, womit die Eintheilung der Naturgeschichte in Mineralogie, Bo-

tanik und Zoologie gegeben wäre [1]. Neben dieser Eintheilung, die nur die möglichen Objecte unserer Erkenntniss im Allgemeinen betrachtet, steht nun eine andere, welche specieller die Quellen unserer Erkennisse ins Auge fasst. Danach entspringen unsere Erkenntnisse entweder aus reiner Einsicht (Vernunftwissenschaften), oder aus der Sinnesanschauung (empirirische oder Erfahrungswissenschaften). Die ersteren kommen uns dann entweder durch eine künstliche Form der Selbstbeobachtung durch Begriffsverknüpfung zum Bewusstseyn (Philosophie), oder in der reinen Anschauung (Mathematik). Die letzteren werden durch den innern Sinn vermittelt (Psychologie), oder durch die äusseren Sinne (Naturwissenschaften).

Die Botanik wäre also nach dieser Orientirung eine Erfahrungswissenschaft und zwar die Wissenschaft von der Gestaltung der Materie unter der Form der Pflanze. Bestimmung der Aufgabe der Wissenschaft.

Noch einen Augenblick will ich bei dieser Bestimmung der Aufgabe verweilen. Die Botanik ist eine Erfahrungswissenschaft und besteht demnach aus zwei sehr verschiedenen Elementen; nämlich nicht blos aus den uns von der Natur angebotenen, durch die Sinne aufgefassten Thatsachen, sondern auch aus dem, was der menschliche Geist, indem er sie denkend ergreift und unter allgemeine in der Vernunft *a priori* gegebene Gesichtspuncte ordnet, hinzubringt, um aus dem Aggregat der Thatsachen ein System der Wissenschaft zu machen. Derjenige, der eine solche Wissenschaft selbstständig und selbstthätig ausbildet, ist also einmal von der Klarheit seiner Einsicht und der Bildungsstufe seines Denkvermögens abhängig, andererseits aber auch von seiner Stellung zur Aussenwelt, indem die Möglichkeit einer bestimmten Erfahrung für jeden Einzelnen etwas rein Erfahrung.

1) Beiläufig gesagt will ich hier bemerken, dass eigentlich als erste und zweite Abtheilung die Gestaltung der Sonnensysteme als Astronomie und die Gestaltung der Weltkörper, in *specie* der Erde, als Geologie im weitesten Sinne hier einzuschieben wäre.

Zufälliges ist. Auf diese Weise kann der Einzelne wohl sagen: „ich will die mir gewordenen Erfahrungen benutzen, wie es meine Einsicht und mein Verstand mir erlauben", aber nicht „ich will diese oder jene Erfahrung machen". Ich erlaube mir hieraus eine für mich wichtige Folgerung abzuleiten. Der Kreis der wirklichen Erfahrung ist für jeden einzelnen Forscher ein im Verhältniss zu seiner äussern Stellung im Leben beschränkter. Die Wissenschaft bedarf aber zu ihrer Fortbildung der Gesammterfahrung Aller, und so wird der Einzelne gezwungen, die Erfahrungen Anderer als blos historisches Wissen in den Kreis seiner geistigen Thätigkeit aufzunehmen. Hier erscheint nun jeder Einzelne im Verhältniss zum Andern als ein Zeuge über Thatsachen, und seine Glaubwürdigkeit und somit die Brauchbarkeit dessen, was er sagt, für die Wissenschaft hängt von denselben Bedingungen ab, wie bei der juristischen Zeugenaussage, von der Beantwortung der beiden Fragen: Konnte der Zeuge die Wahrheit sagen und wollte er sie sagen? Hieraus ergiebt sich von selbst, dass, da auch meine Stellung zum Ganzen der möglichen Erfahrung nothwendig eine beschränkte ist, ich genöthigt seyn werde, Manches mitzutheilen, wofür ich nur die Aussage Anderer anführen kann, ohne dass ich selbst im Stande gewesen wäre, die Richtigkeit der Behauptung zu verificiren. Manches davon kann vielleicht falsch seyn, aber die Verantwortung dafür habe ich nicht zu übernehmen, sondern nur nach bestem Gewissen die Momente anzugeben, aus denen die Glaubwürdigkeit der einzelnen Mitarbeiter am Bau der Wissenschaft beurtheilt werden kann. Nach diesen Vorbemerkungen ist leicht einzusehen, welch einen geringen Theil von dem Folgenden ich als mein Eigenthum in Anspruch nehmen kann, für wie wenig also auch man berechtigt ist mich verantwortlich zu machen. Will man mir dabei zum Vorwurf machen, dass man auf mehr gerechnet, so kann ich diesem Vorwurf nichts entgegnen; was ich aber mir

als Verdienst anrechne, ist, dass ich nicht gesonnen bin etwas als wahr und gewiss zu überliefern, was ich nach der gewissenhaftesten Prüfung nicht dafür erkennen kann.

Aber auf der andern Seite ist denn auch die grosse Wichtigkeit der philosophischen Ausbildung eines Mitarbeiters in der Wissenschaft ins Auge zu fassen. Ohne Empirie, ohne Erfahrung kann es allerdings zu keiner Erfahrungswissenschaft kommen, aber deshalb sind die nackten Thatsachen doch noch weit davon entfernt, schon Wissenschaft zu seyn, so wenig als Baumaterial ein Tempel ist. Zur Wissenschaft kommt es erst durch Ueberblickung der Thatsachen, Vergleichung derselben, Aussonderung der klaren, unzweifelhaften von den unklaren und zweideutigen, Bestimmung der wesentlichen und wichtigen im Gegensatz des Zufälligen und Unbedeutenderen, Ableitung allgemeiner Regeln oder Gesetze aus dem Wesentlichen, Erklärung des Unklaren und der Nebensachen aus den gefundenen Regeln und Gesetzen u. s. w., lauter geistigen Operationen, von denen die blosse Beobachtung nichts weiss noch wissen kann. Hier ist namentlich der Platz für die Anwendung einer gesunden Logik, nicht als Organon sondern als Kathartikon der Wahrheit. Hier fehlt es den botanischen Schriftstellern oft an allem Ueberblick der Thatsachen und den Leser ergreift ein unangenehmes Gefühl, weil er vor allen halberzählten, halberklärten Einzelheiten nie zu klaren Ansichten gelangt und man häufig gar nicht erfährt, was der Verfasser eigentlich will. Wenn Einer sich im polemischen Theile heftig gegen eine Ansicht ausgesprochen hat, weil er einseitig die Thatsachen auffasste, so finden wir oft wenige Seiten darauf die Darstellung einer Menge von Thatsachen, die die angegriffene Ansicht bestätigen. Leider muss man gestehen, dass diese Schilderung fast allgemein auf *Meyen's* Physiologie passt. Stets übersieht er bei der Masse der von ihm nicht beherrschten Thatsachen den Punct, wo die Reflexion.

höhere Einheit liegt, und doch fasst er selten scharf und richtig die wesentlichen Verschiedenheiten auf.

Ich wende mich wieder zur Betrachtung der Botanik als Wissenschaft. Ich habe im Vorigen auf die systematische Gliederung des menschlichen Wissens aufmerksam gemacht. Es wurden indess die verschiedenen Disciplinen des menschlichen Wissens nicht auf diese Weise *a priori* eingetheilt und dieser Eintheilung gemäss bearbeitet, weil dieses eine Uebersicht und Orientirung voraussetzt, die erst das Resultat weit umfassender Untersuchungen seyn konnte. Wie allmälig das Bewusstseyn in der Menschheit erwachte, der Forschungsgeist erst das Nächste ergriff, von diesem aus sich immer weiter in grösseren Kreisen ausdehnte, bis endlich der ganze Umfang des Wissens für den Einzelnen zu mächtig wurde und auch hier Theilung der Arbeit eintrat, umgränzte man vielmehr zum Theil nach rein zufälligen Einflüssen, zum Theil nach dem natürlichen Vortheil, der in der Bequemlichkeit der Bearbeitung gleichartiger Objecte liegt, zum Theil endlich nach den schon früh auftauchenden Ahnungen von der Abhängigkeit gewisser Thatsachen von gleichen Ursachen die naturwissenschaftlichen Disciplinen auf eine Weise, dass fast jede mit einer vorzugsweisen Hauptrichtung sich auch einen Theil aus allen übrigen aneignete.

Hülfswissenschaften.

Einestheils hiraus, anderntheils aus der Unterordnung alles Einzelnen in die Einheit des Weltganzen und der daraus hervorgehenden Bezüglichkeit der scheinbar heterogensten Dinge auf einander erklärt sich das Capitel von den sogenannten Hülfswissenschaften, welches wir oft mit widerlicher Breite in den Handbüchern, besonders der ältern Zeit abgehandelt finden. Ich erinnere nur daran, dass man früher wegen des classischen Rostes die Numismatik als Hülfswissenschaft der Chemie aufzuführen pflegte. Die Sache ist indess mit wenig Worten ein für allemal abgemacht. Für den Anfänger giebt es natürlich keine Hülfswissenschaften, sondern eben nur immer diejenige,

mit der er gerade sich bekannt machen will. Für Denjenigen aber, der irgend eine Disciplin zur Aufgabe seines Lebens wählt, fordern wir unabweislich erstlich eine encyklopädische Vorbildung, die ihm eine Uebersicht über das ganze Gebiet des menschlichen Wissens gewährt und somit ihn die richtige Stelle der von ihm gewählten Disciplin und ihr Verhältniss zu den andern finden lässt; er muss wissen, wie seine Disciplin mit dem Ganzen zusammenhängt, von welcher Art die Erkenntnisse sind, mit denen er es zu thun hat, und insbesondere aus welchen Quellen sie fliessen, mit einem Worte er muss in dem Ganzen, von dem er sich einen Theil zu eigner Bearbeitung aussondert, orientirt seyn. Dann aber fordern wir zweitens eine beständige Vertrautheit mit den Resultaten derjenigen Disciplinen, von denen Einer eben einen Theil in die seinige aufzunehmen gedenkt, wo denn die Auswahl bei dem jetzigen Zustande der Naturwissenschaften lediglich von der Willkür des Einzelnen und seinen speciellen Liebhabereien abhängt [1]. So z. B. ist die Astronomie

1) In einer Sitzung der *Société philomathique* im Jahre 1840 trug ein Herr *Roulins* eine Theorie über das Weisswerden der Haare vor, welches er aus dem Verschwinden des flüssigen Inhalts und dem Ersatz durch die Luft erklärte; dagegen opponirte sich ein Herr *Doyère*, indem er meinte, dass dann die Haare durchsichtig und nicht weiss werden müssten. Ist es nicht unglaublich, dass in einer solchen Societät dergleichen vorkommen kann? Es ist eine der bekanntesten optischen Erscheinungen, dass durchsichtige Gegenstände in fein vertheiltem Zustande mit Luft vermischt schneeweiss erscheinen, weil bei dem öftern Wechsel der Media das Licht vollständig reflectirt wird. In allen botanischen Handbüchen steht ganz ernsthaft die Phrase: „die Spiralgefässe zeichnen sich insbesondere durch eine silberweisse Farbe aus". Das genirt dabei die Leute nicht, dass unterm Mikroskop meist die Spiralfaser gegen die daneben liegende Zellwand schwach gelb gefärbt erscheint, sonst aber völlig durchsichtig ist. Die Spiralgefässe erscheinen allerdings weiss, wenn man sie auf der Schnittfläche eines Pflanzentheils betrachtet, weil sie Luft enthalten, ans demselben Grunde, wie die weissen Haare; lässt man einen solchen Schnitt sich voll Wasser saugen, so ists aber mit dem angeblichen Silberglanz vorbei, grade wie bei pulverisirtem Glas, auf welches man Wasser giesst. Ist es nicht wahrlich komisch, dass Leute sehen und sehend wissenschaftlich auffassen wollen, die mit den trivialsten Sätzen der Optik unbekannter sind als ein angehender Realschüler?

eine ebenso entschiedene Hülfswissenscaft für die Botanik als jede andere, so weit fremd beide einander zu seyn scheinen. Es ist oft davon bei den Pflanzenphysiologen die Rede gewesen, ob der Mond in seinen verschiedenen Phasen einen verschiedenen Einfluss auf die Vegetation habe, z. B. auf den Wachsthum der Bäume. Um eine solche Frage experimentell zu entscheiden, d. h. durch Versuche zu solchen Resultaten zu gelangen, deren Variationen allein auf Rechnung des Mondes geschoben werden können, muss man nothwendig eine genaue Kenntniss des Verhältnisses von Mond, Sonne und Erde und der Möglichkeit ihres gegenseitigen physikalischen Einflusses, der zum grossen Theil nur durch astronomische Thatsachen ausgemittelt werden kann, sich erwerben.

Fragen wir nun nach dieser Andeutung der Art und Weise, wie sich die Sache historisch gemacht hat, abermals nach dem Begriff der Botanik, so wird die Antwort seyn, eine logische Definition lässt sich bis jetzt eigentlich gar nicht geben, weil die Wissenschaft keine innere philosophische, sondern nur eine äussere traditionelle Einheit hat. Wohl aber kann man, abgesehen von der historischen Aufzählung der einzelnen un-

In einer Menge Büchern heisst es: „die steinigen Concretionen in den Winterbirnen bestehen aus apfelsaurem Kalk". Letzterer ist nicht nur ein leicht auflösliches, sondern sogar ein zerfliessliches Salz, kann also gar nicht in fester Form existiren, wo irgend Feuchtigkeit in der Nähe ist. In *Liebig's* organ. Chemie S. 22 heisst es: „Die Tropen, der Aequator, die heissen Klimate, wo ein selten bewölkter Himmel der Sonne gestattet" u. s. w. Die Region der Calmen hat bekanntlich unausgesetzt von atmosphärischen Niederschlägen zu leiden, in den kalten Zonen dagegen ist fast beständig heiterer Himmel, weil es an Feuchtigkeit in der Atmosphäre fehlt. Ferner: „derselbe Luftstrom, welcher veranlasst durch Umdrehung der Erde seinen Weg vom Aequator zu den Polen zurückgelegt hat" u. s. w. Ich empfehle Hrn. *Liebig*, der S. 32 mit der frechsten Unverschämtheit hinschreibt: „selbst für die Koryphäen der Physiologie seyen Kohlensäure, Ammoniak, Säuren und Basen bedeutungslose Laute", noch ein Halbjahr nach Quinta zu gehen, um wenigstens eine Ahnung von physikalischer Geographie zu bekommen. Solchen Leuten kann man freilich das Capitel von den Hülfswissenschaften nicht weit genug ausspinnen, damit sie einsehen, wie viel sie noch zu lernen haben, ehe sie wagen dürfen, lehren zu wollen.

ter dem Namen der Botanik vereinigten Momente angeben, was der wichtigste Theil, der durchgehende Grundgedanke seyn muss, ohne welchen die Wissenschaft aufhört Botanik zu seyn. Dieses lässt sich aber eben nur dann finden, wenn wir zusehen, was nach einer philosophischen Orientirung im Gebiete des menschlichen Wissens die eigentliche Stelle der Botanik seyn würde. Hier haben wir nun aber oben gefunden, dass die Pflanze eine Manifestation des morphotischen Processes sey, und wir haben also das Wesen der Botanik nicht in den Gesetzen der Chemie und Physik, sondern in der Gestaltung der Formen, in der Entwickelung der Pflanze als solcher zu suchen. Daneben aber bleibt uns bei der Art und Weise, wie sich nun einmal die Wissenschaften historisch ausgebildet haben, freilich noch zu erforschen, wie die physikalischen und chemischen Processe durch die Entwickelung der Formen und unter dem Einfluss der entwickelten modificirt werden. Soviel über den Begriff der Wissenschaft, soweit es ihn hier zu erörtern nöthig ist. Ich gehe zum zweiten Punct, zum Object der Wissenschaft, zur Pflanze über.

§. 2.

Das Object der Botanik.

Wir fanden so eben, dass es um eine logische Definition der Botanik aus ihrem Inhalt bislang ein missliches Ding ist. Man könnte indess eine andere Erklärung der Botanik als Wissenschaft fordern, indem man nämlich das Object, mit dem sie sich beschäftigt, definirt und sie selbst dann als denjenigen Zweig der Naturwissenschaft bestimmt, bei dem die ganze geistige Thätigkeit des Menschen nur auf dies eine Object bezogen und angewendet wird. Wenn wir indess diese Forderung genauer betrachten, so möchte uns leicht nicht nur die Unmöglichkeit der Lösung, sondern sogar die Widersinnigkeit der Anforderung klar werden. Um in der Wissenschaft von einem Gegenstande eine Definition ge-

ben zu können, muss ich denselben in allen seinen Beziehungen erkannt haben. Bei Vernunftbegriffen ist dies Sache der analytischen Entwickelung und der Deduction, bei Erfahrungsgegenständen hänge ich dagegen eben von der Erfahrung ab. In dieser Weise ist die Aufgabe der Botanik grade eben erst die, die Pflanze in allen ihren Beziehungen kennen zu lernen, grade im eigentlichsten Sinn des Worts erst zu erforschen, was eigentlich eine Pflanze für ein Ding sey. Mit einer Definition der Pflanze beginnen hiesse also vom Endpunct ausgehen und die Vollendung der Wissenschaft, die wir erst erstreben wollen, voraussetzen. Dieser Punct ist, wie mir scheint, niemals genügend scharf aufgefasst und doch gleichwohl so wichtig, dass er den ganzen Weg bestimmt, den wir in der Wissenschft zu gehen haben. Wir sind völlig ohne Grund, wenn wir in der Botanik vom Begriff der Pflanze ausgehen wollen, denn wir wissen noch nicht, was eine Pflanze ist, die uns nur in schematischer Unklarheit vorschwebt. Dieses Schema können wir zur Vorbereitung auch nur erörtern etwa in der Weise, wie ich es in Gegenwärtigem versucht habe, aber nicht durch Definition zum Begriff erheben, auf dem sich wissenschaftlich fortbauen liesse. Wir werden also vielmehr von denjenigen Einzelwesen, die wir *consensu omnium* nun einmal Pflanzen nennen, ausgehen müssen, von ihnen uns zu analogen Gebilden wenden und so uns nach allen Seiten ausbreitend fortschreiten, bis wir die Grenzen unseres Gebietes dadurch erkennen, dass wir keine Formen mehr finden, auf die unsere durch das ganze Gebiet gefundenen Resultate passen. Hätte man sich immer fest an diese Regel gehalten, so wären uns in neuerer Zeit die zum Theil ins Widerwärtige ausgearteten Gränzstreitigkeiten zwischen Botanikern und Zoologen (ich nenne hier als Vorkämpfer *Meyen* und *Ehrenberg*) erspart worden, in welchen die Botaniker offenbar den Kürzern zogen, weil sie auf ihrem eignen Gebiet und namentlich in der Nähe der streitigen Gränze am schlechtesten orientirt waren.

Wir müssen zusehen, wie wir schon hier solchen Missgriffen vorbauen, und zu dem Endzweck vorläufig einmal genauer das Object, mit dem wir uns beschäftigen wollen, ins Auge fassen. Vom ersten Augenblicke an, seit man Pflanzen, Thiere und Mineralien als drei grosse Classen der Naturkörper unserer Erde unterschied, glaubte man in den Pflanzen etwas erkennen zu müssen, was sie den Thieren näher rückte und von den Mineralien entfernte. Man suchte nach Ausdrücken dafür und ergriff ziemlich unglücklich das Wort Leben. Durch die ganze Wissenschaft hindurch wurden nun nach den verschiedenartigsten Begriffsbestimmungen die Pflanzen und Thiere als lebende Wesen den Mineralien als unbelebten entgegengesetzt. Auch bezeichnete man wohl diese beiden Abtheilungen mit den Ausdrücken organisch und unorganisch. Mangelhafte Kenntniss der Mineralien auf der einen Seite, indem man die Krystalle als Individuen derselben nicht kannte, und gänzliche Unwissenheit über die inneren Vorgänge, die Physiologie des Pflanzen- und Thierkörpers hatten diesen Irrthum hervorgerufen, geistlose Autoritätenfurcht, scholastischer Schlendrian und todte Bücherweisheit haben diese verkehrte Ansicht wie so viele andere in unsere Wissenschaft verflochten, dass man geglaubt hat und zum Theil wohl noch glaubt, ohne diese Ansicht gar nicht fertig werden zu können. Wir müssen aber, um uns den Weg zu säubern, auf die unabweisbare Berechtigung der Logik gestützt, ehe wir diesem Satz auch nur den geringsten Einfluss einräumen, nach dem zureichenden Grunde fragen, der uns bestimmen könnte, eine solche dichotome Eintheilung der Naturkörper anzunehmen, statt alle drei als homologe Glieder neben einander zu stellen. Erörterungen über den Begriff der Pflanze.

Es ist schon früher angeführt, dass die Naturgeschichte ihrem eigentlichen Wesen nach die Wissenschaft von der Materie unter der Herrschaft des bildenden Triebes ist. Verfolgen wir aber den gestaltenden Process in seinen verschiedenen Ausdrücken, so finden Gegensatz des Organischen u. Unorganischen.

wir eine dreifache wesentliche Verschiedenheit in dem Werthe, den die Form in Bezug auf die übrigen Verhältnisse der Materie hat. Es ist allgemeines Naturgesetz (d. h. überall bestätigte Erfahrung), dass sich die Form als das relativ Feste nur aus dem Flüssigen bildet. Theoretisch liesse sich dieses Gesetz so ableiten: Bildung einer Form ist Bewegung der einzelnen Theilchen einer Materie bis an eine gewisse Stelle. Der flüssige Zustand ist aber der einzige, bei welchem ohne Aufhebung des Zusammenhangs die Beweglichkeit der einzelnen Theile im höchst möglichen Grade vorhanden ist, also ist Formbildung nur im Flüssigen möglich. Wir können hier als den allgemeinsten Theilungsgrund aufstellen, dass die Form bei ihrer Entstehung die Mutterlauge, wenn wir mit diesem passenden der Chemie entlehnten Worte ganz allgemein die aus sich Formen bildende Flüssigkeit bezeichnen, ich sage — dass die Form die Mutterlauge entweder ausschliesst oder einschliesst. Ich muss hier noch bemerken, dass die bildende Kraft nur in der Materie, in der Flüssigkeit liegen kann, denn Kraft ohne Substrat ist ein unzulässiger Begriff. Nicht die Form bildet sich, wie es so oft falsch ausgedrückt wird, sondern die Flüssigkeit bildet sie. Die bildende Thätigkeit kann nicht als Aeusserung der schon der Idee nach vorhandenen Form, etwa in Art der Aristotelischen Entelechien, angesehen werden, sonst käme es nie zur Form, da eine gesunde Philosophie sich keine Thätigkeit eines Dinges, das nicht existirt, vorstellen kann, diese Thätigkeit aber vor dem Erscheinen jeder Spur von Form schon da seyn muss, weil es sonst auch nicht einmal zu jener Spur von Form käme.

In dem ersten der angeführten Fälle, wenn nämlich die Form die Mutterlauge ausschliesst, ist die Form (das Feste) homogen, eine Differenz zwischen Innerm und Aeusserm ist nicht gegeben und daher eine Wechselwirkung zwischen Innerm und Aeusserm vermittelt durch die Form unmöglich. Die Natur macht hier den ersten

Versuch zur Gestaltung, es ist die niedrigste Stufe der bildenden Thätigkeit. Die bildende Kraft bleibt hier lediglich ein Aeusseres, von allen Seiten her Wirkendes und durch keine Einwirkung von Innen heraus Bedingtes, somit ist aber auch das Verhältniss einer Fläche zu einer gleichförmig von einem Puncte aus wirkenden Kraft, also die gebogene Fläche ausgeschlossen. Das Geschöpf ist einzig und allein nach wie vor den unmodificirten mathematischen, physikalischen und chemischen Gesetzen unterworfen. Das Gebilde steht zu seiner Mutterlauge in keiner nothwendigen, sondern in einer zufälligen blos räumlichen Beziehung und entfernt von derselben hört jede Wechselwirkung mit ihr, also auch jede Fortbildung auf. Es ist die Natur des Krystalls, die ich hier schildere.

Der zweite Fall war der, wo die Form die Mutterlauge einschliesst. Hier bezieht sich sogleich die ganze Bildung auf ein Inneres, auf einen Punct, der nach allen Seiten auf die Entstehung der Form einwirkt, wodurch eben bei gleichförmiger Einwirkung eines Puncts auf eine Ebene, die alle sogenannten organischen Körper charakterisirende gebogene Fläche bedingt werden mag. Wir wollen diese einfache Form, wo das relativ Feste einen Theil der Mutterlauge umschliesst, im Allgemeinen eine Zelle nennen. Hier finden wir gleich als wesentliches Element die Differenz zwischen Inhalt und Form, also zwei mit Nothwendigkeit gegebene Factoren gegenseitiger Wechselwirkung. Es liesse sich nun freilich der Fall denken, dass das *Continens*, die Zelle, ein absoluter Isolator zwischen den physikalischen Kräften des Weltalls und insbesondere der Erde und dem *Contentum*, der eingeschlossenen Mutterlauge, wäre; aber abgesehen davon, dass auch selbst für eine einzelne physikalische Kraft uns die Erfahrung keinen absoluten Isolator aufweist, so giebt sie uns auch für die thierische und pflanzliche Membran insbesondere ganz entschieden das Gegentheil an die Hand. Ihr kommt allgemein,

soweit unsere Erfahrung reicht, ausser der Durchdringlichkeit jeder Materie für die Imponderabilien noch die Permeabilität für ponderable Stoffe im tropfbar flüssigen Zustande zu, ohne dass wir berechtigt wären, eine andere Unterbrechung der Continuität in derselben anzunehmen, als bei dem für das Licht durchdringlichen Glase. Die physikalischen Kräfte wirken also auf den Inhalt der Zelle fort, aber modificirt durch die Vermittelung der umschliessenden Formen. Die Form steht mit der Mutterlauge in einer nothwendigen Wechselwirkung und wenn die Mutterlauge, welche in der Zelle eingeschlossen ist, fortfährt Formen zu bilden, so müssen diese (die neuen Zellen) in einem nothwendigen Zusammenhange mit der ursprünglichen Form und der Mutterlauge stehen und von ihrem Einflusse abhängig seyn, wodurch schon die Möglichkeit der Fortpflanzung, d. h. die Bestimmung einer neu entstandenen Form, in ihrer Entwickelung einer schon vorhandenen als bestimmenden gleich oder ähnlich zu werden, gegeben ist.

Wollen wir nun die Ausdrücke lebendig und todt, organisch und unorganisch auf diese verschiedenen Producte des Bildungstriebes anwenden, so können wir immerhin die ersteren die Krystalle unorganische, todte, die andern die Zellen organische, lebende Wesen nennen [1]). Doch müssen wir uns beständig dabei erinnern,

1) Ich habe hier für die Worte organisch, lebendig u. s. w. bestimmte Begriffe gewonnen, aber nur indem ich die Elementarform ins Auge fasste. Man spricht aber auch bei formlosen Stoffen von organisch. Ich muss deshalb den Begriff der organischen Materie hier noch etwas bestimmter erörtern. Ich unterscheide mit *Schwann* die organische Krystallform, die Zelle, von der unorganischen, dem Krystall. Das Primäre, Ursprüngliche in aller Organisation ist stets das Auskrystallisiren der organischen Materie, also Zellenbildung. Die Zelle ist der erste Anfang jedes Organisationsprocesses, also auch der Pflanzenbildung. Keineswegs bleibt es aber allein bei der Zellenbildung stehen und wir dürfen nicht erwarten, dass alle Pflanzenformen ausschliesslich aus Zellen zusammengesetzt sind. Auf der andern Seite kommt es keineswegs immer zur Zellenbildung und manche organische Stoffe bleiben selbst formlos von der organischen Form nur eingeschlossen.

In Betreff des ersten Punctes ist gar leicht einzusehen, dass die

dass wir eine Reihe von uns gegebenen Formen rein willkürlich nach einem beliebigen Eintheilungsgrund zerschnitten haben und dass wir eben so sehr berechtigt sind, jeden andern Eintheilungsgrund zu gebrauchen. Denn abgesehen von den Anforderungen der Zweckmässigkeit und Bequemlichkeit können wir mit derselben Berechtigung die Naturkörper in weisse, schwarze und farbige, oder in grosse, kleine und mittlere nach einem beliebigen Maassstab oder auch dichotom in *a* und *non-a*

einmal gebildete Zelle durch den gegebenen eigenthümlichen Lebensprocess Stoffe möglicher Weise in bestimmten Formen abscheiden könne, die keine Zellen sind und sich auf solche nicht zurückführen lassen. Damit das geschehen könne, müssen freilich immer schon Zellen vorhanden seyn, denn in ihnen allein liegt der Grund des Lebens, die Zellenform ist wesentliche Bedingung dazu, dass die chemischen und physikalischen Kräfte zum Lebensprocess verändert werden, auch zeigt uns die Erfahrung überall und unbedingt die Zelle als das zuerst Vorhandene. Wir finden nun in der That bei den Pflanzen vielfach solche Stoffe, die unter dem Einfluss der Pflanzenzellen bestimmte Formen angenommen haben und hiermit zur Bildung des ganzen Pflanzenkörpers mehr oder weniger wesentlich beitragen, z. B. die Gelatina bei den *Undina*-arten. In Hinsicht des zweiten Punctes giebt es nun aber auch mehrere Stoffe, die nie dahin gelangen als Zellen zu erscheinen, weil sie nie sich in Flüssigkeiten bilden, in welchen sie relativ oder absolut unlöslich wären, also nie in den Fall kommen auskrystallisiren zu müssen, z. B. Gummi. Dann aber finden wir auch Materien, die auf gewöhnliche Weise in unorganischen Formen krystallisiren, z. B. Zucker, fette Oele, doch aber wegen ihrer engen Verwandtschaft mit andern Stoffen zu den organischen gezählt werden müssen.

Demnach stellt sich uns für das Folgende die Sache so: Wir unterscheiden von den unorganischen Stoffen, welche wie gewöhnlich krystallisiren und nie zur Bildung der organischen Formen beitragen, die organischen Stoffe als solche, die mittelbar oder unmittelbar zur Bildung und Erhaltung der festen Formen bei Pflanzen im Allgemeinen nothwendig sind. Dadurch schliessen wir in den Begriff solche Substanzen, wie Zucker, fette Oele, die als Bildungsstufen des Membranenstoffes erscheinen, ein und schliessen alle Secretions- und Excretionsstoffe, die zwar für diese oder jene bestimmte Pflanze etwa von Wichtigkeit sind, aber nur durch bestimmte Modificationen des Lebensprocesses der Pflanze hervorgerufen werden, aus. Diese organischen Stoffe könnte man dann nach folgendem Schema betrachten:

1) Organische Stoffe im Allgemeinen.

2) Einfache organische Form, einfachstes lebendes Wesen = die Zelle.

3) Organisirte Stoffe = organische Substanzen, die durch die Wirkung des Zellenlebens eine bestimmte nicht krystallinische Form angenommen haben.

eintheilen. Ob die Natur selbst die eine oder die andere Eintheilung anerkennt, ist eine Frage, die wir eigentlich nie bestimmt beantworten können, denn sie giebt uns kein System irgend einer Art, sondern nur Individuen, die Quelle des Systematischen entspringt allein in unserm eignen Geiste.

Ueber die Bedeutung der Analogie.

Ich muss indess hier einige Worte über den Gebrauch der Analogie in der Botanik einschalten. Ueberall finden wir in den Handbüchern den Satz: „Dafür spricht auch schon die Analogie mit der thierischen Natur". Nichts ist verkehrter in den meisten Fällen, als diese Behauptung. Wie kann dieser Schluss hier überall nur in Anwendung kommen? Alle unsere Systeme und Eintheilungen in der Natur gegebener Objecte sind ja nur ein willkürliches logisches Fachwerk, in welches wir der leichtern Uebersicht wegen die Natur einordnen. Sie selbst giebt uns nicht Organisches und Unorganisches, sondern Einzelwesen, die wir nach mehr oder minder glücklich gewählten Eintheilungsgründen in verschiedene Abtheilungen bringen. Wollen wir also die Analogie irgendwie geltend machen, so müssen wir von vorn herein festhalten, dass in den von uns in eine Gruppe zusammengefassten Naturgegenständen nicht mehr Gleiches liegt, als wir uns durch das Eintheilungsprincip hineingelegt haben. Wenn wir also einen Schluss von der Natur des Thieres auf die Natur der Pflanze in irgend einem einzelnen Falle so hinstellen wollen, dass er nur irgend ein noch so geringes wissenschaftliches Gewicht habe und nicht blos ein ästhetisches Spiel der Vergleichung bleiben soll, so müssen wir uns erst vorher haarscharf darüber erklärt haben, was wir unter der höheren Einheit des Organischen und Lebendigen verstehen wollen, und jede Analogie, die dann nicht als unmittelbare Folge schon in jenem Hauptbegriff gegeben ist, muss unbedingt aus der Wissenschaft verbannt werden. Jener Hauptbegriff fasst ja eben schon Alles zusammen, was wir für die untergeordneten Glieder als

Gleiches gefunden haben, und ob es ein Mehr giebt zu erörtern, ist Aufgabe und Ziel der Wissenschaft, kann aber nicht als Grundlage und Ausgangspunct für sie postulirt werden. Indem ich Thiere und Pflanzen unter dem Begriff organisch und lebendig zusammenfasse wegen der Einzelheiten, die ich in ihnen übereinstimmend gefunden, so setze ich grade mit Bewusstseyn die Verschiedenheit in allen übrigen Puncten voraus, sonst gäbe es für meine Betrachtung ja nur entweder Thiere oder Pflanzen und nicht beides neben einander als verschiedene Naturkörper. Die Präsumtion spricht also in zweifelhaften Fällen grade für die Verschiedenheit und gegen die Analogie. Das Einzige, was den Schluss auf Analogie rechtfertigen könnte, wäre der Beweis, dass diese oder jene Eigenschaft dem Thiere oder der Pflanze nicht als solchen, sondern *lediglich* als organischen Wesen überhaupt zukomme. Der Beweis kann aber nur eben dann geliefert werden, wenn diese Eigenschaft schon in der vorher gegebenen Erklärung des Organischen mit enthalten ist. In jedem andern Falle ist der Schluss nach Analogie gradezu ein falscher und beruht auf der nur zu allgemeinen Unklarheit und logischen Bildungslosigkeit Dessen, der ihn gebraucht. Beispiele liessen sich leider nur zu viele anführen.

Wir charakterisiren also hier den Begriff *Organismus* als das Verhältniss der Form zur eingeschlossenen Mutterlauge und *Leben* als Wechselwirkung zwischen der Mutterlauge und der Form, zwischen dem Inhalt und den äussern physikalisch-chemischen Kräften vermittelt durch die Form und endlich Wechselwirkung zwischen der primären Form und den in der bereits eingeschlossenen Mutterlauge später erzeugten Formen. Für Alles nun, was aus Zellen gebildet ist, können wir die Nothwendigkeit dieser drei so eben unter dem Worte Leben zusammengefassten Processe in Anspruch nehmen, und Alles, was unmittelbare Folge dieses Verhältnisses ist, muss auch für diese Gebilde gleichmässig Gültigkeit

haben. Alles was aber nicht schon in dieser Definition als Merkmal enthalten ist oder daraus folgt, dürfen wir, wenn wir es z. B. bei den Thieren finden, nicht sogleich auf die Pflanze übertragen oder als Unterstützung zur Erklärung eines Vegetationsprocesses gebrauchen, denn grade der Punct kann ja möglicher Weise einen Unterschied zwischen beiden ausmachen, z. B. müssen wir in beiden Reichen nach Fortpflanzung suchen, jedoch über die Form derselben in einer Reihe nach der Analogie mit der andern entscheiden zu wollen, ist gradezu logisch falsch.

Uebergang aus dem Unorganischen ins Organische.

Die Eintheilung der Naturkörper in organische und unorganische konnte nur in einer Zeit entstehen, wo man nur die Extreme beider ins Auge fasste. Wer einen Löwen mit einem Stück Kalk vergleicht, wird freilich sagen müssen, dass sich dieser Unterschied allen unsern Sinnen aufdrängt. Wenn man aber die kleinen fast kugeligen Krystalle des Eisenoxyds mit den eben so kleinen kugeligen ebenfalls fast ganz aus Eisen bestehenden Gliedern der *Gallionella ferruginea* (*Ehrenberg*) vergleicht, welche letztere, mögen sie nun einer Pflanze oder einem Thiere zugehören, doch auf jeden Fall eine organische Bildung darstellen, so fällt plötzlich der crasse Gegensatz weg und jeder denkende Kopf sieht gleich die endliche Möglichkeit ein, dass es der Wissenschaft einmal gelingen könne, die Bildung beider auf ein und dasselbe Naturgesetz zurückzuführen. Es giebt noch tausend solcher scheinbarer Sprünge in der Natur, wie vom Unorganischen zum Organismus, wo genaue Beobachtung uns zeigen wird, dass statt specifischer Verschiedenheit nur gradweise Unterschiede stattfinden.

Begriff des Lebens.

Ohnehin liegt die Schwierigkeit gar nicht im Gebiete der sogenannten organischen oder lebenden Gebilde. Das eigentliche Räthsel des Lebens zerfällt, wenn wir es genauer betrachten, in zwei Probleme:

1) die Construction eines in regelmässiger Periodicität sich erhaltenden Systems von bewegenden Kräften;

2) die Construction des Gestaltungsprocesses.

Damit ist Alles, was auch die ungeübteste Abstraction mit dem Worte Leben bezeichnen kann, umfasst, denn solche Leute, die das Geistige mit in die reine Naturwissenschaft hineinmischen, verdienen hier keine Berücksichtigung; ihnen wird auf dem Gebiete der Philosophie ihre Verkehrtheit nachgewiesen. Nun fällt aber die Lösung der einen wie der andern eben bezeichneten Aufgaben überhaupt nicht innerhalb der Grenzen des Organischen. Die erste ist bereits gelöst durch die Construction des Sonnensystems, welches nur die einfachste Form eines solchen Lebensprocesses ist. Man könnte hier drei Ordnungen solcher Systeme unterscheiden.

1) Die Sonnensysteme, die einfachsten, weil sie auf den für uns sogenannten Grundkräften beruhen und uns am selbstständigsten und unabhängigsten erscheinen.

2) Die einzelnen Weltkörper für sich, von denen wir freilich nur die Erde mit einiger Gründlichkeit zu erforschen im Stande sind. Hier ist die Sache dadurch schon verwickelter, dass hier die Processe einmal von dem Systeme nächst höherer Ordnung abhängig und dann die wirkenden Kräfte schon grösstentheils abgeleitete, also mehrere sind und vielfach verschiedene, wodurch die Complicationen steigen.

Endlich 3) die sogenannten Organismen auf der Erde. Hier wird nun die Aufgabe aus denselben Gründen, wie bei der vorigen Abtheilung, aber in viel höherer Potenz schwieriger und verwickelter.

Es scheint mir klar, dass diese drei Probleme nur gradweise verschieden sind und die Möglichkeit ihrer Auflösung beruht nur darauf, dass die Empirie allmälig alle einzelnen Elemente, die in Rechnung zu ziehen sind, messbar macht, was freilich noch heute oder morgen nicht geschehen wird, aber offenbar nicht als der

menschlichen Kraft unerreichbar erscheint. Von der grössten Wichtigkeit ist es aber, einzusehen, dass diese Möglichkeit wenigstens in *abstracto* vorhanden ist, sollte sie es auch nicht in *concreto* seyn; etwa wie die Berechnung der eigenthümlichen Bewegung der Sonne auch nur deshalb unmöglich erscheint, weil die Complicationen die menschliche Fassungskraft übersteigen, nicht aber weil sie etwa den mathematischen Gesetzen nicht unterworfen sey. Wer diesen Punct nicht klar eingesehen hat und fest und unverrückt im Auge behält, wird jeden Augenblick in Gefahr seyn, sich in abenteuerliche Träumereien zu verlieren, statt Wissenschaft zu finden. Dieser Punct ist es, welcher für alle unsere morphologischen Naturwissenschaften die oberste leitende Maxime bestimmt, indem uns hierdurch das Endziel genannt wird, nach welchem wir hinstreben sollen. Aber so sehr auch das ganze Heil einer gesunden Wissenschaft und sicherer Fortbildung derselben hiervon abhängt, so wenig wird es doch von den Meisten eingesehen, und haben sie ja einmal etwas davon gehört, so merkt man doch gewöhnlich gleich an der Art und Weise wie sie die Sache anwenden, dass sie den wahren Zusammenhang durchaus nicht begriffen haben [1]).

1) Man könnte hier sich versucht fühlen, die Erörterungen eines neueren Werkes als Beispiele anzuführen, wenn in ihnen nur irgend etwas mehr läge, als höchst oberflächliche Auffassung der Thatsachen und der mathematischen Sätze, bis zu einer falschen philosophischen Ansicht kommt es gar nicht einmal. So heisst es daselbst mit wunderlicher Begriffsververwirrung: „Mechanik oder die Lehre von der Bewegung der Körper ist allgemein und gilt von allen Körpern Alle Gesetze der Mechanik gründen sich darauf, dass die Bewegung der Körper von einer äussern Einwirkung ganz“ (doch auch von der eignen Anziehungskraft) „abhängt, sie können daher auf die lebenden Körper gar nicht angewendet werden, deren Bewegung von einer innern Ursache abhängt“, (möchte ich doch sehen, wie der Verfasser ohne Erdboden gehen wollte), „sondern es muss im lebenden Körper grade das Gegentheil geschehen“ (Wie so gar flach diese Rede ist, sieht Jeder gleich ein, der nur an eine künstiiche Maus denkt, die vermöge eines Uhrwerks umherläuft; nach dem Verfasser müsste man sie lebendig nennen.) „So lassen sich also die Gesetze der Mechanik gebrauchen, um die Erfolge im lebenden Körper zu bestimmen. Z. B. Bewegung verhält sich wie die Kraft, die

Das andere oben erwähnte Moment des Lebens, die Gestaltung, liegt aber offenbar auch auf dem Gebiete des Unorganischen und die Aufgabe einer Construction desselben muss zuerst bei den Krystallen gelöst werden [1]). Dass von da zur organischen Form ebenfalls blos eine gradweise Verschiedenheit stattfindet, hat bereits *Schwann* mit eminentem Scharfsinn entwickelt. [2])

Wir haben nun aber mit dem Bewusstseyn, einen willkürlichen Eintheilungsgrund gewählt zu haben, die Naturkörper, soweit wir sie entstehen liessen, in organische und unorganische eingetheilt. Was wird aber mit dem Organismus, im Allgemeinen mit der Zelle

sie hervorbringt, aber im lebenden Körper wächst die Wirkung mit der Kraft nur bis zu einem gewissen Grade, dann nimmt die Wirkung ab, wenn sich auch die Kraft mehrt, wie die Wirkungen von Opium und Wein zeigen". Der Schluss überrascht. Die Wirkungen des Opiums und Weins als mechanische, Bewegung hervorbringende anzusehen, ist so neu und, so lange man Chemie und Mechanik noch in der Wissenschaft unterscheidet, zugleich so absurd, dass nur die Unbeholfenheit des ganzen Raisonnements noch grösser ist, denn hier wie in einem halben Dutzend ähnlicher Beispiele, die die Umkehrung der Mechanik am lebenden Körper beweisen sollen, vergisst der Verfasser, dass hier von intensiven und nicht von extensiven Grössen die Rede ist und dass wir für die erstern besonders am lebenden Körper noch gar keinen Maassstab haben, also die Redeweise von gross und klein bei Kräften und Wirkungen hier eine durchaus nichtssagende ist. Der Verfasser leugnet unter Anderm die Gültigkeit des Gesetzes der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, „denn der lebende Körper gewöhnt sich an den Reiz". Das Reizmittel, z. B. Alkohol wirkt zunächst chemisch und diese Wirkungen pflanzen sich natürlich modificirt fort. Wenn der Verfasser nur erst die ganze complicirte Kette von Wirkungen auf einzelne messbare Bewegungen reducirt hat, will ich ihm die Gültigkeit des genannten Gesetzes sogleich beweisen. Aber von Gleichheit und Ungleichheit sprechen wollen, wo es noch durchaus an einem Maassstab fehlt, hat gar keinen Sinn.

1) Merkwürdig ist, dass der Kohlenstoff. den man die Grundlage aller organischen Bildungen nennen könnte, selbst so äusserst selten in seinen Krystallformen von ebenen Flächen, meistens von sphärischen Flächen begränzt wird, so dass selbst die krumme Fläche noch in der Morphologie des Unorganischen zu entwickeln wäre.

2) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen von Dr. *Th. Schwann*. Berlin, 1839 mit 4 Tafeln. S. 191 fgde.

weiter anzufangen seyn? Durch Veränderung ihrer einfachsten Form, der Kugel, durch ungleiche Ausdehnung, durch Combination der Zellen, und durch verschiedenartige Auseinanderlagerung bei diesen Combinationen ist nun eine endlose Mannigfaltigkeit der Formen möglich geworden. Zugleich wird hierdurch auch der einfachste Lebensprocess, wie wir ihn vorhin charakterisirten, durch die Media, in denen der Zellenbildungsprocess vor sich geht, und durch die dadurch etwa nothwendig gewordenen Vermittelungen ebenfalls auf die mannigfaltigste Weise complicirt. Hier sind nun wieder zwei Fälle möglich:

Gegensatz zwischen Thier und Pflanze.

1) Die Natur bleibt bei der Formenbildung als ihrem Hauptzweck stehen, den sie auf dieser Stufe durch die verschiedenartigste Combination der Elementarform verwirklicht; oder

2) sie erhebt sich darüber und setzt sich die Ausbildung des Lebens in der angegebenen Bedeutung in allen seinen möglichen Erscheinungsweisen zum Zweck.

Diese beiden Fälle sind nicht nur möglich, sondern in der Natur auch wirklich und entsprechen dem Wesen der Pflanze und des Thieres. Dafür wollen wir vorläufig nur das Verhältniss der Anatomie und Physiologie in beiden Reichen etwas genauer betrachten. Wenn wir von Anatomie und Physiologie der Pflanzen reden, so müssen wir nicht vergessen, dass diese Ausdrücke, ursprünglich der Zoologie angehörig, unmöglich für die Pflanze dieselbe Bedeutung haben können. Man könnte auch bei Untersuchung des Blätterdurchgangs, der Spaltbarkeit, des Korns u. s. w. von einer Anatomie der Mineralien reden und zwar mit demselben Rechte, wie bei den Pflanzen. Nehmen wir das Wort Anatomie in seiner eigentlichen, ursprünglichen Bedeutung, so giebt es gar keine Pflanzenanatomie, oder doch nur höchstens bei den Fortpflanzungsorganen einiger wenigen Pflanzen.

Das eigentliche Lebensprincip der Erde ist die For-

menbildung, Bildungstrieb, *Nisus formativus.* Bei der Schöpfung der Mineralien ist diese Kraft gleichsam noch im Embryonenzustande, sie folgt willenlos einem ihr fremden Gesetz, die weltbeherrschenden Mächte der Natur, die physikalischen und chemischen Gewalten bedingen ihre Thätigkeit und die Mathematik schreibt ihr ihre ausnahmslosen Regeln vor. Bei der Pflanze tritt das Kindesalter des Bildungstriebes ein. Selbstständig geworden erfindet die Natur sich eine eigne Form, die bei ihrer Einfachheit doch durch Combination die Möglichkeit einer grossen Mannigfaltigkeit gewährt, und in voller Freude über den Fund kann sie nicht aufhören, immer neu zu bilden. In der Lust des Spiels scheint sie alles Andere zu vergessen, mit kindlichem Stolze trägt sie die bunten wechselnden Gestalten zur Schau, die sie geschaffen, sie kennt kein Verheimlichen, Verstecken, denn ihr sind Zwecke noch fremd, nur die reine Lust am Schönen leitet ihr Bestreben und höchstens lässt sie wie ein muthwilliges Kind zuweilen ihren bizarren Launen den Zügel schiessen. Aber die Kindheit geht vorüber und sie lernt nach Zwecken handeln, jetzt wird Form und Schönheit nicht mehr höchstes allein bedingendes Princip, sondern dem Nutzen untergeordnet, zugleich aber verhüllt sie weise die Mittel, wodurch sie ihre Zwecke erreicht. Was früher offen und frei sich dem Blick gezeigt, wird jetzt verborgen und das Thier schliesst sich über seinen Organen zusammen. Wir haben bei der Pflanze das Princip der Schönheit und Mannigfaltigkeit der Form, der das Leben nur dient, beim Thier das Leben in seinen verschiedenen Ausdrucksweisen als Zweck, dem die Form untergeordnet und angepasst ist. Hier nimmt das Säugethier Fischgestalt an, weil es für Wasserleben bestimmt ist, dort muss der Cactusstamm die Functionen der Blätter übernehmen, weil es der Natur einmal gefallen hat, eine Pflanze ohne Blätter zu bilden. Die Pflanze soll möglichst viele Formen entfalten, sie verschliesst daher

nichts in sich. Das Thier soll sein Leben zur höchsten individuellen Abgeschlossenheit entwickeln, es birgt also alle seine wichtigen Organe im Innern, um der Aussenwelt nur eine Fläche möglichst gleicher Bedeutung und gleichen Werthes zuzuwenden. Die Pflanze differenzirt, entwickelt sich nach aussen, das Thier nach innen.

Anatomie und Morphologie.

Wenn wir also Anatomie als die Lehre von den Organen ansehen, so wird dieselbe Wissenschaft bei den Thieren eine Untersuchung des Innern (Anatomie), bei den Pflanzen eine Betrachtung des Aeussern (Morphologie) werden [1]). Es bleibt indess immer noch für beide Reiche ein gemeinsamer Theil übrig, nämlich die in neuerer Zeit sogenannte höhere Anatomie oder Histologie, die Lehre von den Elementarorganen. Die Pflanze hat nur ein Elementarorgan, die Zelle in dem oben schon entwickelten Sinne. Die ausgezeichneten Untersuchungen von *Schwann* (am angef. Orte) haben eben dasselbe für die thierischen Organismen erwiesen. Aber es zeigt sich selbst in dieser Uebereinstimmung wieder die grosse Verschiedenscheit zwischen Thier und Pflanze. Die Pflanze will mit ihrer Formenbildung dem Spiel der Mannigfaltigkeit dienen, sie ist äusserlich, ihre Individualität daher weder beabsichtigt noch geschützt. Das Thier bildet sich nach Zweckgesetzen, differenzirt sich möglichst im Innern und strebt nach abgeschlossener Individualität gegen die Aussenwelt. Daher sind die Veränderungen und Umbildungen der Elementarorgane beim Thier unendlich grösser als bei den Pflanzen und die

1) Deshalb bin ich auch der festen Ueberzeugung, dass es gar kein unnatürlicheres System für die Anordnung der Pflanzen geben kann als ein anatomisches; das inconsequenteste und deshalb unbraucharste muss es ohnehin bleiben, oder möchte z. B. Jemand *Wolffia Delili* von den Lemnaceen zu den Kryptogamen bringen, weil sie keine Spur von langgestreckten Zellen geschweige denn Spiralgefässe hat und anatomisch von *Riccia* durchaus nicht zu unterscheiden ist? Die grössten anatomischen Differenzen, die wir überhaupt in der Pflanzenwelt finden, sind nicht auffallender, als die zwischen zwei offenbar nahe verwandten Pflanzen, wovon die eine in der Luft, die andere unter dem Wasser vegetirt.

Individualität derselben fast null, während bei der Pflanze die Elementarorgane gerade am schärfsten individualisirt sind und die kaum festzuhaltende Individualität der Pflanze fast ganz in die Individualitäten der einzelnen Zellen zerfällt.

Dies führt uns nun ferner auch auf die wesentlichen Unterschiede in der Physiologie der Pflanzen und der Thiere. In der Bildung des Thieres schreitet die Natur mehr oder minder rasch bis zu dem Puncte vor, wo die Form entwickelt ist und von da an als das Untergeordnete stationär bleibt, während das Leben, als das eigentlich Beabsichtigte, sein Spiel von Wirkung und Gegenwirkungen nun erst recht in voller Kraft beginnt. Es ist dieser Zeitpunct der fertigen Form, der *adolescentia*, die ein wesentlicher Charakter der Thiere ist und höchstens vielleicht bei einigen sehr langsam wachsenden in sofern eine scheinbare Ausnahme leidet, als der blossen Vergrösserung, aber unter Beibehaltung von Form und Verhältniss aller Theile, keine in unsere Beobachtung fallende Gränze gesetzt scheint. Wie ganz anders dagegen bei der Pflanze. Die beabsichtigte Mannigfaltigkeit der Gestalten wird dadurch in noch höherm Grade verwirklicht, dass die Pflanze fast in jedem Momente ihres Lebens nur ein Theil ihrer selbst ist, dass sie die zu ihrem Begriff nothwendigen Organe jetzt abwirft, um im nächsten Augenblicke andere, eben so nothwendige Organe zu entwickeln und so in einer beständigen Metamorphose der Gestalt, wovon wir kaum bei der ächten Metamorphose der Insecten ein Analogon finden, schon in ihrem individuellen Lebensprocess jener bunten Mannigfaltigkeit der Formen dient, die ihrem ganzen Daseyn als höchstes Gesetz gilt. Ist zum Beispiel die Zeitlose im Herbste mit Blüthen ohne Blätter oder im Frühjahre mit Blättern und Frucht ohne Blüthen ganz sie selbst und was ist jenes vorhergehende Gebilde? Zur Erkennung von *Orontium aquaticum* gehören die Fortpflanzungsorgane und die Blätter, aber

Physiologie der Thiere u. Pflanzen.

die blühende Pflanze hat keine Blätter, und wenn sie Blätter hat, fehlen Blüthe und Frucht. Wir müssen also behaupten, dass das Individuum der Pflanze überall nicht in räumlicher Abgränzung von der Anschauung wie das Thier, sondern nur in der Zusammenfassung des in der Zeit nach einander Gegebenen durch den Begriff bestimmt und erkannt werden könne.

Es bedarf ferner keines grossen Scharfsinns, um zu errathen, dass ein Wesen, welches wie die Pflanze alle seine Organe frei nach Aussen entwickelt, auch ganz andern Gesetzen gehorchen muss als ein anderes, welches alle oder doch die wichtigsten in sich verschliesst. Bei der Pflanze ist jedes einzelne Organ von dem Einfluss des umgebenden Medium abhängig, durch nichts gegen die Einwirkungen physikalischer Kräfte isolirt, deren Einfluss ohnehin durch den schwachen Individualitätszusammenhang nicht allein nicht aufgehoben, sondern oft auch kaum merklich modificirt wird. Wir dürfen also bei der Pflanze viel mehr und mit grösserem Rechte mit reinen physikalischen und chemischen Erklärungen zufrieden seyn, als beim Thier.

Endlich, und das möchte wohl den wichtigsten Unterschied begründen, ist beim Thier die Selbstständigkeit des Elementarorgans, der Zelle, ganz in der Individualität des Ganzen untergegangen und aufgelöst, jeder Theil gilt daher nur im Zusammenhange mit dem andern etwas und lebt nur um dem Ganzen zu dienen. Bei den Pflanzen ist im Gegentheil die Individualität des Ganzen zurückgesetzt gegen die des Elementarorgans und die ganze Pflanze scheint nur für und durch das Elementarorgan zu leben. Daher besteht der wichtigste Theil der thierischen Physiologie in der Untersuchung der Lebensthätigkeit ganzer Gewebe und Organe und ihrer Wechselwirkung, bei den Pflanzen dagegen reducirt sich die ganze Physiologie fast nur auf das Leben der Pflanzenzelle, und die Lebensthätigkeit der ganzen Pflanze, insofern sie aus dem Leben der Zelle nicht

abgeleitet werden kann, ist höchst unbedeutend und uns noch meist unbekannt.

Aus dieser Erörterung gehen nun freilich keine leicht anzuwendenden Merkmale hervor, die uns in den Stand setzten, in zweifelhaften Fällen immer zu entscheiden, ob wir es mit Thier oder Pflanze zu thun haben, aber sie deutet uns doch die Richtung an, in welcher wir solche Merkmale allein zu suchen haben. Die meisten in den ältern Handbüchern der Naturgeschichte angegebenen Unterschiede sind jetzt völlig unbrauchbar und zum Theil selbst lächerlich, was daher kommt, dass diese Merkmale zu einer Zeit aufgestellt wurden, wo die fraglichen Gebiete noch viel zu wenig durchforscht und namentlich an der streitigen Gränze fast ganz unbekannt waren. Ein Löwe ist allerdings für einen nicht gar zu beschränkten Kopf wohl einigermassen von einem Eichbaum zu unterscheiden; wenn ich aber den *Protococcus viridis*, eine unzweifelhafte Pflanze, neben die *Monas pulvisculus*, ein unzweifelhaftes Thier, lege und zwischen beide ein *Closterium* einschiebe, so möchte *Linné's* und seiner Nachfolger Weisheit schwerlich ausreichen, um zu bestimmen, ob es rechts oder links seinen Verwandten findet. Wenn nun auch durch die ausgezeichneten Untersuchungen *Ehrenberg's* noch keineswegs erwiesen ist, dass *Monas* und andere verwandte Infusorien nicht aus einer einfachen Zelle bestehen, so bleibt doch ein wesentlicher Unterschied von ähnlichen Pflanzen stehen, dass das Thier selbst, wenn es nur aus einer einzigen Zelle besteht, diese in sich selbst hineinstülpt und so ein Theil der äussern Fläche zur innern gemacht wird, welche innere Fläche dann wahrscheinlich allein zur Aufnahme der Nahrungssäfte bestimmt ist, dass es also stets innere Organe hat. Daher müssen wir uns wohl vorläufig noch immer mit dem von *Link* in seiner *Philosophia botanica* angegebenen Unterschied beruhigen, dass die Thiere einen Magen haben, die Pflanzen aber keinen. Freilich zeigen die Streitigkeiten über einen

3

grossen Theil der infusoriellen Gebilde, dass die Anwesenheit oder Abwesenheit des Magens im einzelnen Fall nur unendlich schwer auszumachen ist. Es zeigt sich hier ganz bestimmt, dass es zwischen Thier- und Pflanzenreich noch eine Gränze giebt, die für unsere Beobachtung, aber freilich auch nur für diese, noch durchaus nicht scharf gezogen ist und dass es hier Formen geben wird, deren Bürgerrecht in dem einen oder andern Gebiete für jetzt noch nicht definitiv entschieden, sondern höchstens wahrscheinlich gemacht werden kann. Ich mache hier ausdrücklich darauf aufmerksam, da es für die ganze wissenschaftliche Botanik und namentlich für den Lebensprocess der Pflanze vielfach wichtig wird, dass eine gesunde Naturforschung solche zweifelhafte Gebilde nie wählen darf, um von ihnen Gesetze abzuleiten, die nicht schon anderweitig für das eine oder das andere Reich fest begründet sind. Hiergegen ist von *Meyen* und Andern oft zum grossen Nachtheil der Wissenschaft gefehlt worden.

§. 3.

Eintheilung der Botanik.

Wenn wir nun auf diese Weise das Wesen der Botanik als Wissenschaft und den Stoff, mit dem sie sich beschäftigt, näher bezeichnet haben, so müssen wir jetzt zusehen, wie wir uns das ganze Gebiet der Wissenschaft in einzelne grössere oder kleinere Provinzen theilen, um uns den Anbau des Ganzen dadurch zu erleichtern.

Vergleichen wir die hergebrachte Art und Weise die Botanik zu behandeln, so finden wir eine unendliche Menge verschiedener Disciplinen, die dem wissbegierigen Schüler geboten werden. Da sind Phytochemie, Physiologie, Anatomie, Organographie, Terminologie, Taxonomie, allgemeine Botanik, specielle Botanik, Kunde des natürlichen Systems, Pflanzengeographie und das ganze Heer der pharmaceutischen, medicinischen, Forst-

und andern angewandten Botaniken. Wollen wir indess aus all den angeführten Wissenschaften einmal das ausstreichen, was sich in ihnen zwei-, drei- und mehrmal wiederholt, so möchte leichtlich die Menge schon bedeutend zusammenschmelzen. Indess hat die gewöhnliche Eintheilung und Behandlung das Vorurtheil des Hergebrachten für sich, ich muss daher versuchen, meine eigne Eintheilung dagegen zu rechtfertigen.

Jede Naturwissenschaft zerfällt ganz von selbst in zwei Theile, in den allgemeinen und speciellen, nach der Art des Untersuchungsganges und der Aufgabe. Im allgemeinen Theil gehen wir von den empirisch gegebenen Einzelnheiten aus und steigen weiter forschend auf bis zu den höchsten Principien, den Grundbegriffen und Gesetzen. Unsere Aufgabe ist hier die letzteren zu finden. Im specielleren Theil setzen wir dieselben aber als schon gefunden voraus und steigen nur von ihnen, nach den durch sie gegebenen Eintheilungsgründen und Unterordnungen immer tiefer bis zu den Einzelwesen hinab, unsere Aufgabe ist hier die ganze Masse der Individuen und Fälle jenen höchsten Begriffen unterzuordnen, durch jene höchsten Regeln zu bestimmen. Es entspricht dies der regressiven und progressiven Methode in den philosophischen Wissenschaften. Mir scheint es gerade für die morphologischen Naturwissenschaften charakteristisch zu seyn, dass ihnen beide Theile nothwendig sind, weil sie noch ganz unvollendet, ja ihrem Anfange noch ganz nahe sind. Im ersten allgemeinen Theile suchen wir zwar die höchsten Principien, aber ohne sie zur Zeit zu erreichen, wir bauen Unterlagen für zukünftige Inductionen, ohne diese selbst noch ausführen zu können. Daneben erhalten wir aber auch eine solche Menge einzelner Thatsachen, dass das Bedürfniss, sie unter höchste allgemeine Begriffe zu ordnen, unabweisbar ist, wir thun dies aber, indem wir sie unter bewusster Weise nur vorläufig und versuchsweise aus den Ergebnissen des

Allgemeiner und specieller Theil.

allgemeinen Theils abgeleitete Principien zusammenfassen. So haben beide Theile der Wissenschaft einen verschiedenen Gehalt, während die vollendete Wissenschaft, gleichviel ob nach progressiver oder regressiver Methode behandelt immer ihren ganzen Gehalt umfasst. Es geht schon aus dieser Begriffsbestimmung hervor, dass diese beiden Theile das Ganze der actuellen Wissenschaft umfassen müssen. Erinnern wir uns nun aber an das, was wir früher für die Entwicklung des Wesens der Botanik und ihres Objects, der Pflanze, erörtert haben, so rechtfertigt sich uns daraus auch sogleich die Eintheilung des ersten, allgemeinen Theiles. Wir müssen bei der scharfen Individualisirung des Elementarorgans, der Zelle, zuerst diese als die Grundlage der ganzen Pflanzenwelt zu erforschen suchen, indem sich in ihr der allgemeinste Ausdruck des Pflanzenbegriffs findet. Wir erhalten also eine Lehre von der Pflanzenzelle. Nur aus Gründen der Zweckmässigkeit und der leichtern Verständlichkeit, nicht aber weil eine Abtheilung sich hier objectiv rechtfertigen lässt, sende ich der Lehre von der Pflanzenzelle eine vegetabilische Stofflehre voraus. Das in derselben Vorgetragene sollte eigentlich zum Theil aus andern Disciplinen (den chemischen) bekannt seyn, theils an einem andern Orte unter den Producten der Lebensthätigkeit der Zelle vorkommen. Wir müssen dann nothwendig die Gesetze der Formenbildung der ganzen Pflanze und ihrer Theile uns deutlich zu machen suchen, indem wir oben fanden, dass grade in den Gesetzen der Formenbildung das eigentlichste Wesen der Botanik besteht. Dies giebt uns die Wissenschaft der Morphologie. Endlich müssen wir im dritten Theile noch wieder zusehen, wie aus dem Leben der einzelnen Zellen, wenn sie zu Pflanzen oder deren Organen verbunden sind, das Leben der ganzen Pflanze oder ihrer Organe als solcher resultirt, welche Disciplin ich Organologie nenne.

Lehre von der Pflanzenzelle.

Vegetabilische Stofflehre.

Morphologie.

Organologie.

Der erste und letzte Theil umfassen Alles, was man sonst als **Anatomie** und **Physiologie** vorzutragen pflegte, Ausdrücke, die ich schon deshalb vermeiden möchte, weil sie einer andern Disciplin, der Zoologie, entnommen gar zu leicht an ihrer neuen Stelle, an der sie nur theilweise passen, falsche Begriffe erwecken. Der zweite Theil umfasst aber nothwendig die sogenannte **Organographie**, nur mit dem Unterschied, dass wir die Organe nicht blos benennen und beschreiben, sondern organisch aus den Gesetzen des Pflanzenlebens zu entwickeln versuchen.

Die **Phytochemie** behandelt entweder nur die unter dem Einfluss des Pflanzenlebens gebildeten Stoffe und die im lebenden Organismus vorkommenden chemischen Processe, insofern kommt sie nothwendig schon im ersten Theile mit vor, oder sie entwickelt überhaupt alle Verhältnisse, in welche Pflanzenstoffe durch irgend chemische Processe versetzt werden können, und insofern ist sie durchaus nur ein Theil der allgemeinen Chemie und wird auch immer dort vorgetragen. Die **Terminologie** besteht aus zwei Theilen, den eigentlich technischen Ausdrücken, die entweder der Botanik zur Bezeichnung ihrer Begriffe eigenthümlich sind, oder doch in ihr in einem eigenthümlichen Sinne gebraucht werden, insofern kommt alles dahin Gehörige jedes an seiner Stelle sowohl im allgemeinen als speciellen Theile vor. Sie enthält aber auch zweitens einen mehr oder weniger voluminösen Auszug aus dem lateinischen Lexikon, wodurch wir erfahren, dass *viridis* grün, *longus* lang, *obliquus* schief und *truncatus* abgestumpft u. s. w. heisst. Ich für meine Person muss eingestehen, dass ich mich schäme, auf solche Weise meinen Zuhörern die Zeit zu stehlen; dass es nicht in die Botanik gehört, versteht sich von selbst. Die **Taxonomie** oder Systemkunde enthält wiederum dreierlei, entweder die Darstellung aller verschiedenen gar nicht mehr oder nur bei einigen Botanikern nämlich ihren Erfindern in An-

wendung gebrachten Systeme, als solche gehört sie der Geschichte der Wissenschaft, ja selbst zum Theil der Geschichte der menschlichen Thorheiten an; oder sie zeigt, auf welche Weise die Pflanzen unter die im allgemeinen Theile gefundenen Principien geordnet werden, und entspricht somit dem speciellen Theile der Botanik; oder endlich sie giebt uns die Art und Weise an, wie wir durch ein logisch zweckmässig ausgebildetes Fachwerk am besten bei der Auffassung und Auffindung der Einzelwesen unserm Gedächtniss zu Hülfe kommen, und als solche gehört sie der allgemeinen Methodik der Naturwissenschaften an. Leider haben wir über diesen wichtigen Theil der angewandten Logik bisher gar nichts Gescheites erhalten. Einige Bemerkungen über Methode der Botanik im Allgemeinen enthält diese Einleitung. Pflanzengeographie ist ein ziemlich wunderliches Ragout aus meteorologischen, geognostischen, geologischen, pflanzenphysiologischen, statistischen, historischen und noch mehrern andern Bruchstücken. Ich will nicht in Abrede stellen, dass ein solches Gemisch unter den Händen eines *A. v. Humboldt* eine gar köstliche und erquickende Speise werden mag, aber ihre Berechtigung, als selbstständige Disciplin oder als integrirender Theil der Botanik aufzutreten, muss ich gänzlich verneinen[1]). Pflanzenpathologie und Therapie gehört so wenig in die Botanik hinein, als Veterinärkunde in die Zoologie. Was endlich die sogenannten angewandten Botaniken, die pharmaceutische, technische u. s. w. betrifft, so sind sie, wie sich von selbst versteht, nichts als magere Auszüge aus der gesammten Wissenschaft für den handwerksmässigen Gebrauch einer bestimmten Classe von Technikern.

Somit hätten wir uns so ziemlich von vielem Wust

1) Auf jeden Fall gehören grade die Theile, die *A. v. Humboldt* so genial bearbeitet hat, der Naturgeschichte der Erde, der Geologie im weiteren Sinne, an.

befreit und können nun unsern gereinigten Weg mit leichtem Schritte betreten. Von dem ganzen Gebiete der Botanik habe ich es in den vorliegenden Grundzügen nur mit dem ersten Theil zu thun, den ich nach *Linné's* und *Link's* Vorgang am liebsten philosophische Botanik nennen möchte. Ich weiss freilich, dass darin wenig mehr Philosophisches ist und seyn kann, als eine strenge Berücksichtigung der logischen Gesetze und methodischer Maximen, und dass ich somit dem scholastischen Fehler der Wolff'schen Schule anheimfalle. Ich würde indess diesen Ausdruck mit Berücksichtigung der Zeit absichtlich wählen, um den Gegensatz hervorzuheben, in welchem meine Behandlung der Wissenschaft gegen die Weisen von *Oken, Nees v. Esenbeck, Walpers* und anderer Anhänger der Schelling'schen Schule steht, in deren träumerischen Phantasiespielen auch gar keine Spur philosophischen Gehaltes ist und die gleichwohl von gedankenlosen Schülern als philosophische Tiefe angestaunt und gepriesen werden. Bei der Zweideutigkeit des Wortes aber in gegenwärtiger Zeit will ich lieber darauf verzichten.

§. 4.

Ich wende mich nun noch einigen speciellen methodischen Bemerkungen zu, die dazu dienen mögen, die Art und Weise, wie ich bis jetzt die Wissenschaft behandelt und im Folgenden darstellen werde, zu rechtfertigen. Die angewandte Logik hat ein eignes Capitel, die Methodik, welche wir in ihren verschiedenen Lehrbüchern mit mehr oder minder Glück und Ausführlichkeit abgehandelt finden. Indess kann sie ihrer Natur nach nur ganz leere formale Begriffe und Regeln in solcher Allgemeinheit geben, dass damit für die wirkliche Bearbeitung der Wissenschaften noch gar nichts gewonnen ist. Leben und Bedeutsamkeit kann diese Lehre erst gewinnen durch eine durchgeführte Anwendung auf einen bestimmten Zweig des

Methode in der Botanik

Wissens. Dafür ist nun im Ganzen noch wenig geschehen, denn unsere sogenannten Methodologien und hodegetischen Vorträge auf hohen Schulen sind meist encyklopädische Uebersichten des historisch vorhandenen Materials, höchstens mit einer oberflächlichen nach traditionell begründeten Vorurtheilen abgefassten Anweisung, in welcher Ordnung sich der Schüler dieses Materials zu bemächtigen habe. Die crasse Geistlosigkeit dieser Vorträge hat sie auch in neuerer Zeit ziemlich ausser Gebrauch gebracht. Methodologie in ihrer wahren Bedeutung soll aber eine Anleitung enthalten, wie man sich des fraglichen Zweigs der Wissenschaft bemächtigen und ihn selbstständig fortbilden möge. Sie muss zugleich ihrem innern Wesen nach Heuristik seyn, nämlich zeigen, wie man es anzufangen habe, in der Wissenschaft neue Gesetze und Thatsachen aufzufinden.

Nothwendigkeit philosophischer Vorbildung, insbesondere der Logik.

Vergleichen wir nun die morphologischen Naturwissenschaften mit den physikalischen Theorien, so müssen wir uns gestehen, dass erstere in jeder Hinsicht unendlich weit zurück sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nun allerdings zum Theil in dem Gegenstande, dessen verwickeltere Verhältnisse sich noch am Meisten der mathematischen Behandlung entziehen, aber grossentheils ist auch die grosse Nichtachtung methodologischer Verständigung daran schuld, indem man sich einerseits durchaus nicht um scharfe Fassung der leitenden Principien bekümmert, andererseits selbst die allgemeinsten und bekanntesten Anforderungen der Philosophie hintangesetzt hat, weil bei dem weiten Abstande ihrer allgemeinen Aussprüche von den Einzelnheiten, mit denen sich die empirischen Naturwissenschaften beschäftigen, die Nothwendigkeit ihrer Anwendung sich der unmittelbaren Auffassung entzog. So sind gar viele Arbeiter in dieser Beziehung durchaus nicht mit ihrer Aufgabe verständigt und die Fortschritte in der Wissenschaft hängen oft rein vom Zufall ab. In der *amabilis scientia* aber ganz besonders hat man sich so sehr an

das spielende Zusammenwürfeln vieler unverbundener Thatsachen gewöhnt, dass die allercrassesten Versündigungen gegen die Anforderungen der Logik kaum auffallen und das Wissenschaftliche in der Behandlung oft ganz und gar verloren gegangen ist. Das Schicksal eines Lehrbuches der Arithmetik, welches mit dem Satz anfinge: 1 mal 1 ist 2, kann man leicht voraussagen. In der Botanik ist Aehnliches etwas nicht Seltenes und thut auch dem Werth des Buches keinen Abbruch. Einer unserer ausgezeichnetsten Botaniker hat ein Handbuch der Botanik geschrieben, welches in seiner Zeit mit zu den vortrefflichsten gehörte und noch jetzt viel Brauchbares enthält. Aber an die Spitze stellt er den Satz: „Jede Pflanze entsteht entweder aus einem Embryo oder aus einer Blattknospe". Der Satz ist einmal falsch, denn alle Kryptogamen entstehen weder aus einem Embryo noch aus einer Blattknospe, und dann ist er ganz leer und nichtssagend, denn sowohl Embryo als Blattknospe sind schon vollständige Pflanzen im unentwickelten Zustande; über den Ursprung der Pflanzen ist also damit gar nichts gesagt. Man sollte nun meinen, ein solches an die Spitze gestelltes Princip müsste einen wesentlich nachtheiligen Einfluss auf alles Folgende ausüben, aber keineswegs, selbst die Irrthümer, die etwa vorkommen, stehen mit diesem Satz in keinem Zusammenhang. Aus der Entwickelung der Knospe oder des Saamens leitet derselbe dann richtig die Wurzel, den absteigenden Theil (der kann aber bei der Knospe nicht vorkommen, denn das untere Ende der Knospe verlängert sich nie) und den Stengel oder aufsteigenden Theil ab. Nun wird im Folgenden frischweg von der Wurzel der Kryptogamen, vom *stipes* der Pilze, vom *thallus* der Lichenen gesprochen, aber Niemand erfährt, woher denn die Dinge mit einem Male kommen und was sie für eine Bedeutung haben. Was gesagt wird, ist zwar meistens ganz richtig, steht aber da wie aus den Wolken gefallen.

Ein anderer Schriftsteller tadelt auf der einen Seite mit der bittersten Leidenschaftlichkeit *Mirbel*, der nicht an die urprüngliche Duplicität der Zellenwände glauben will, sondern die Zellen in einer gleichförmigen Masse entstehen und die Wände zwischen zweien erst nachher durch ungleiches Erhärten doppelt werden lässt, auf der andern Seite leitet er die Vermehrung der Pflanzenzellen aus dem Hineinwachsen einer homogenen Scheidewand in vorhandene Zellen ab, wo die spätere Duplicität sich doch nur auf Mirbel'sche Weise, also durch einen baaren Widerspruch erklären lässt. Ja bei all unsern Handbüchern, die Alles aus Zellen bestehen lassen und wo ein Langes und Breites über Zellennatur und Zellenleben gesprochen wird, finden wir kein Wort über die Entstehung der Pflanzenzelle, worauf doch bei der ganzen Sache zunächst Alles ankommt, ehe von irgend einer weiteren Betrachtung nur die Rede seyn kann. Derselbe Schriftsteller, der die ganze Aufnahme des Nahrungssaftes bei der Pflanze aus der Wurzel durch Endosmose erklärt, kämpft mit Feuer und Schwert gegen die Wurzelausscheidung, ohne zu bedenken, das Endosmose ohne Exosmose gar nicht existiren kann.

In Gegenwärtigem habe ich es nun mit der Theorie des Pflanzenlebens zu thun und will einige Andeutungen über den Gang, den man in dieser Beziehung einzuschlagen hat, versuchen. Die vollständige Bearbeitung jeder Naturwissenschaft zerfällt nothwendig in drei Theile, deren jeder seine eigenthümliche Behandlung erfordert.

1) In Erlernung dessen, was bis zum gegenwärtigen Augenblick von Andern in der Wissenschaft bereits geleistet ist, und in anschaulicher und gedächtnissmässiger Auffassung einer möglichst grossen Menge des Materials, mit dem sich die Wissenschaft beschäftigt.

2) In eigner Untersuchung des Objects der Wissenschaft, wodurch sich denn zugleich die Grundlagen für

die richtige Beurtheilung und Anwendung des früher von Andern Geleisteten ausbilden.

3) In Wiedergebung der auf diese Weise gewonnenen Resultate, durch mündliche oder schriftliche Ueberlieferung.

I. Auffassung des Materials der Wissenschaft.

I. Der erste Theil ist recht eigentlich Sache des Schülers, und hier gilt als Hauptanforderung nur, dass man sich möglichst vollständig mit allem bisher Geleisteten und besonders mit dem neuesten Standpunct der Wissenschaft völlig vertraut mache. In dieser Beziehung hat man denn freilich im Ganzen in Deutschland am wenigsten zu klagen. Eine jüngst vergangene Zeit, die noch nicht ganz ihren Einfluss verloren, bestimmte in seltsamer Verwirrung der Begriffe die Stufen wissenschaftlicher Bildung eines Menschen fast lediglich nach der grössern oder geringern Anzahl von Büchern, die er mit so glücklichem Gedächtnisse gelesen, dass er ihren Inhalt behalten, und todte Gelehrsamkeit, die an sich gar keinen Werth hat, den sie erst durch ihre Anwendung zur Ausbildung des lebendigen Gedankens erhält, galt als Hauptsache [1]). Nicht der aber ist der Reiche, der die meisten Schätze gesammelt, sondern der das, was er hat, am besten und wirksamsten zu verwenden versteht. Und so finden wir bei uns nur gar zu oft die umfassendste Polyhistorie mit recht kläglicher Verschrobenheit gepaart. Bei Engländern und Franzo-

1) Ich kenne wenig Worte in der deutschen Sprache, die so charakteristisch und so geistreich das Wesen der Sache bezeichnend sind, als das Wort auswendig lernen. Keine Nation hat ein ähnliches, aber auch keine Nation in so hohem Grade in gewisser Hinsicht so als Nationalcharakterzug die Sache. Denn keine Nation hat so wie die deutsche den Charakterzug ernster Gründlichkeit, die aber denn auch natürlich nur bei den Deutschen zu ihrem grausenhaften Extrem, der todten und werthlosen Wort- und Büchergelehrsamkeit ausgeartet ist. Der Franzose lernt im Allgemeinen viel weniger als der Deutsche, aber was er lernt ist ihm Herzensangelegenheit, *il apprend par coeur*, der Deutsche hingegen kann Mosen und die Propheten und sogar griechische und römische Classiker auswendig lernen und bleibt dabei inwendig oft ein classisch bornirtes Subject.

sen finden wir dagegen meist das andere Extrem vorherrschend und daher sind ihre meisten Arbeiten nur dem von Nutzen, der schon gründliche deutsche Wissenschaft mit hinzubringt. Die unbedeutendste Thatsache wird ihnen, zumal den Franzosen, leicht zu einer die ganze Wissenschaft beherrschenden Theorie, aber dieser scheinbare Gedankenreichthum paart sich denn nur zu oft mit einer wahrhaft ins Lächerliche gehenden und recht wie zur Schau getragenen Unwissenheit. *C. L. Treviranus* entdeckte 1811 die Spaltöffnungen auf den Mooskapseln, seitdem wurden sie in allen deutschen Handbüchern aufgeführt. Nichtsdestoweniger fängt ein Aufsatz in den *Annals of Nat. History Mai 1838* mit den hochtrabenden Worten an: Die Entdeckung der Spaltöffnungen auf den Moosen war Herrn *de Valentine* aufbehalten. Solche Beispiele grosser Unwissenheit zumal in Allem, was nicht in ihrem eignen Lande erschienen ist, lassen sich zu hunderten aus englischen und französischen Schriftstellern sammeln. Gesellt sich dazu nun noch sich spreizende Selbstgefälligkeit, die mit vornehmer Verachtung auf alle fremden Leistungen herabsieht, wie bei *Raspail* und *Turpin*, so wird die Sache gradezu ekelhaft. Indessen müssen wir doch zugestehen, dass auch bei den Deutschen Beispiele von crasser Unwissenheit wohl aufzufinden sind.

Als Regel muss man hiernach aufstellen, dass man sich stets zuerst mit dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft völlig vertraut macht, ihre Hülfsmittel, die Grundlagen ihrer Sicherheit, die Ursachen ihrer Mangelhaftigkeit genau ins Auge fasst und dann erst zum Studium früherer Schriftsteller fortschreitet, damit man dieselben gleich mit kritischem Verständniss auffassen kann. Hier sind die Umstände, unter denen sie arbeiteten, die Hülfsmittel, die ihnen zu Gebote standen, die Art, wie sie dieselben benutzten, wohl zu beachten und scharf aufzufassen, wie das, was der frühere Bearbeiter nicht wusste und nicht wissen konnte, auch die Ansich-

ten über das modificirt, was er wirklich beobachtet hat. Nur auf diese Weise kann man das wirklich noch Brauchbare aus früheren Arbeiten zu Tage fördern. Hiergegen wird häufig gefehlt, indem einige Botaniker die Autoritäten blos zu zählen und nicht zu wägen scheinen, und z. B. für Gegenstände der feinen mikroskopischen Anatomie oft Männer als Zeugen aufführen, die wegen ihrer mangelhaften Instrumente, oder des oberflächlichen Gebrauchs derselben zu gar keiner Meinung über die Gegenstände berechtigt sind.

§. 5.

II. Selbstthätige Erforschung des Objects der Wissenschaft.

II. Die zweite oben gemachte Abtheilung umfasst aber recht eigentlich die Aufgabe der eignen selbstthätigen Fortbildung der Wissenschaft und mit dieser will ich mich hier besonders beschäftigen. Zweierlei Regeln sind für das dabei einzuschlagende Verfahren zu suchen und zu begründen, nämlich diejenigen, welche uns abgesehen von allem bestimmten Gehalt für wissenschaftliche Thätigkeit überhaupt gelten, und hier wäre denn ihre Anwendbarkeit und die Art ihrer Anwendung auf den gegebenen Zweig nachzuweisen. Dann aber kommen hier besonders diejenigen Regeln in Betracht, welche aus der Natur des speciellen Objects der Wissenschaft hergenommen sind, Regulative unserer wissenschaftlichen Thätigkeit, die im eigentlichsten Sinne als heuristische Maximen zu betrachten sind [1]).

I. Regulative für wissenschaftl. Thätigkeit überhaupt. Nothwendigkeit der Logik.

I. Es ist hier nicht der Ort, die ganze Logik zu wiederholen, obwohl sie so ziemlich in allen Theilen durch Beispiele von Fehlern gegen ihre Gesetze aus

1) Eine vollständige Eintheilung würde hier etwa folgendes Schema geben:

A) Die Aufgabe der Wissenschaft.
B) Mittel zu ihrer Lösung;
 a) zur Entdeckung neuer Thatsachen,
 b) zum Auffinden neuer Gesetze.

botanischen Schriftstellern, besonders der neuern Zeit, belegt werden könnte. Gleichwohl möchte es eine ganz verdienstliche Arbeit seyn, denn grade die Naturwissenschaften sind der sicherste Prüfstein für die Richtigkeit philosophischer Maximen, da früher oder später der Erfolg sein inappellables Urtheil spricht. Grade an der Geschichte der Naturwissenschaften, wenn sie von einem geistreichen und klaren Kopf bearbeitet würde, liesse sich am eindringlichsten durch das *Argumentum ad hominem* nachweisen, dass nirgends Heil für unsere wissenschaftliche Bestrebungen als in Kantisch-Friesischer Philosophie ist. Jeder Missgriff, jeder Irrweg in ihnen, den die Folgezeit bitter strafte, der der Nachwelt die saure Mühe des Ausmerzens alter Vorurtheile, schiefer Ansichten und schlimmer Irrthümer aufbürdete, lässt sich haarscharf als eine Abweichung von den Gesetzen unserer Logik und der mathematischen Naturphilosophie nachweisen, und es lässt sich unschwer zeigen, dass, wo ihre Anforderungen streng beobachtet sind, nie ein Irrthum, der nicht der menschlichen Beschränktheit überhaupt unvermeidlich ist, zu Tage gefördert worden ist.

Indess liegt dies meiner jetzigen Aufgabe zu fern; doch will ich, um meine Ansicht in etwas zu rechtfertigen, einige Beispiele herausgreifen und an diesen die Richtigkeit meiner Ansicht aufweisen.

Beispiele.

A) Schluss nach Analogie.

A) Ein wichtiges Beispiel, welches einen ganz allgemeinen auch in den Schriften der besten Bearbeiter vorkommenden Fehler betrifft, ist schon oben S. 22 angeführt worden. Es ist der Schluss aus der angeblichen Analogie zwischen Thieren und Pflanzen, der ganz und gar nur ein logischer Schnitzer und in der Unbekanntschaft mit der Bedeutung und dem Werth der Analogie begründet ist. (Vgl. *Fries* System der Logik S. 463). Der Schluss müsste hier ausgeführt z. B. so lauten:

a) Thiere sind organische Wesen.

b) Alle Thiere pflanzen sich durch geschlechtliche Zeugung fort.

c) Also werden sich wohl alle organische Wesen durch geschlechtliche Zeugung fortpflanzen.

d) Pflanzen sind organische Wesen.

e) Also findet bei der Fortpflanzung der Vegetabilien geschlechtliche Zeugung statt.

So aufgelöst ist leicht einzusehen, dass erstens der Satz b wenigstens für den jetzigen Stand der Wissenschaft materiell falsch ist, zweitens dass der erste Schluss gar nicht concludent ist, denn ich kann wohl von vielen Theilen einer Sphäre auf die ganze mit Wahrscheilichkeit schliessen, aber nicht, wo nur zwei Glieder sind, von dem einen aufs Ganze, da mir ja kein Regulativ gegeben ist, wonach ich beurtheilen könnte, ob das, was ich durch diesen Schluss vom Artbegriff auf den generischen übertragen will, nicht grade eine specifische Differenz der beiden Glieder begründet. Ganz dieselbe Form haben aber alle die Schlüsse, wo in botanischen Schriften von der Analogie mit den Thieren die Rede ist. So hat also in allen diesen Fällen der Schluss aus Analogie nicht etwa nur einen untergeordneten Werth, sondern gradezu gar keinen, und ist selbst entschieden schädlich, weil er eine durchaus schiefe Ansicht der ganzen Sache veranlasst.

B) Verwechslung derErkenntnissquellen.

B) Ein zweiter Fehler gegen die einfachsten logischen Regeln ist nur gar zu häufig in der Botanik und verwirrt unsere Wissenschaft auf eine traurige Weise und erdrückt uns fast unter einem Wust unnützen Geschwätzes. Es ist die Verwechselung der Erkenntnissquellen, wo nach Raisonnement oder sogenannter Speculation über Thatsachen abgesprochen wird oder allgemeine Ansichten nach Thatsachen entschieden werden sollen. Das Häufigste und Störendste ist das Erste. Beispiele sind genug zu finden. Ein namhafter Schrift-

steller hat ein langes Raisonnement über die Entstehung des sternförmigen Zellgewebes, ob dasselbe nämlich durch Auswachsen der Strahlen, oder durch Eintrocknen und Zusammenziehen der Zellenwände entstehe, eigentlich nur um die einfache Erklärung: „ich habe nicht beobachtet" zu umgehen; es ist aber Sache der Beobachtung, darüber zu entscheiden, und alles Reden von der Beobachtung leer und nichtssagend. So lange noch die Möglichkeit vorhanden ist, eine Sache durch Beobachtung zu fördern, bleibt alles Hin- und Herreden darüber unnütz und gradezu schädlich, indem es dem kräftigen Weiterstreben einen Hemmschuh anlegt. Ein gleiches Beispiel ist *Lindley's* Erörterung über die Natur der *Stipulae (Introduct. to botan. ed. II. p. 120)*. Ehe ihre zeitliche und räumliche Entwickelungsgeschichte vollständig studirt ist, bleibt alles Speculiren darüber Thorheit.

C) Einheit des Systems der Naturwissenschaft. Ueber physikalische Erklärung organischer Verhältnisse.

C) Ein drittes tief eingreifendes Beispiel liefert uns die Frage nach der Anwendbarkeit der physikalischen Erklärungsgründe in den organischen Naturwissenschaften. Auch hier beruht die Ansicht derer, die dieselben verwerfen, im Grunde nur auf der Verwechselung der Erkenntnissquellen, indem sie die Wichtigkeit der mathematischen Naturphilosophie ignoriren. Erklären heisst aber immer nur Ableitung einer Thatsache aus einer andern, indem man sie als gesetzmässige Folge derselben erkennt, oder Auflösung eines complicirten Processes in die einzelnen dabei mitwirkenden Thätigkeiten und Nachweisung der ausschliesslichen Nothwendigkeit Aller zur Hervorbringung des Gesammteffects. Es versteht sich uns von selbst, dass nur gleiche Qualitäten erklärend auf einander bezogen werden können. Hier verwirrt sich der richtige Standpunct nun allein bei der mitten herausgerissenen Erscheinung. Betrachten wir die Natur aber als ein Ganzes und als Aufgabe unserer Wissenschaft und gehen nun von den einfachsten und fast ganz in die Gewalt unserer wissen-

schaftlichen Einsichten gebrachten Verhältnissen der reinen Bewegungslehre aus, dann zur Astronomie, der Physik, Chemie, und treten dann hier über auf das Gebiet der morphotischen Processe, von denen wir uns zum Thier- und Pflanzenleben wenden, so versteht sich von selbst, dass ich für die vollendete Wissenschaft für jedes Folgende den wissenschaftlichen Zusammenhang mit dem Vorigen, die erklärende Ableitung des Folgenden aus dem Vorhergehenden verlangen muss. Wenn ich da aber plötzlich die Reihe unterbrechen und statt aus dem Vorigen der Physik und Chemie zu erklären von Lebenskraft als einem neuen Erklärungsgrunde zu sprechen anfangen will, so heisst das eben jede Erklärung abweisen, grade die Unerklärlichkeit behaupten, von andern als physikalisch-chemischen Erklärungen sprechen ist daher gradezu ohne Sinn. Durch eine eigenthümliche Lebenskraft wird eben so wenig etwas erklärt, als durch den Namen Magnetismus die Anziehung zwischen Eisen und Magnet erklärt wird. Wir müssen also streng daran festhalten, dass in den organischen Naturwissenschaften und somit auch in der Botanik noch gar nichts erklärt ist und noch das volle Feld der Forschung offen ist, so lange es uns nicht gelang, die Erscheinungen auf physikalische und chemische Gesetze zurückzuführen. Auch liegt der Hauptgrund, weshalb man die physikalischen Erklärungen verwirft, in der mangelhaften und unklaren Abstraction, die man mit dem Worte Leben verbindet, worüber oben S. 25 schon das Nöthige gesagt ist.

Gegen die physikalischen Erklärungen treten hauptsächlich nur drei menschliche Erscheinungsweisen auf, die sich freilich im Grunde auf Geistesträgheit[1]) redu-

1) Bei Gelegenheit der Saftbewegung in den Charen wird von einem neuern Schriftsteller gesagt: „Da die von *De Candolle* und *L. Treviranus* zur Erklärung angenommene Zusammenziehung der Zellenwände bereits von *Corti* u. s. w. widerlegt, nach *Becquerel* die elektrische Einwirkung nicht die Ursache der Bewegung ist... die von

ciren. Einmal der den Menschen durch Jahrhunderte angewöhnte Hang zum Mystischen und Wunderbaren,

Dutrochet und *Agardh* supponirte Nervensubstanz sehr problematisch erscheint, *Raspail's* versuchte rein physikalische Erklärung nicht ausreicht, so bleibt nichts übrig, als dem Selbstbewegungstriebe (subjective Bewegung, Insichbewegung) dieses Lebensphänomen beizumessen." Es bleibt aber allerdings noch etwas übrig und zwar das einzig Richtige, nämlich einzugestehen, dass wir von der Sache noch gar nichts wissen, einzusehen, dass wir erst das blosse Factum erfasst, von der Ursache aber noch keine Ahnung haben. Statt dessen ist das leere Wort Selbstbewegungstrieb nichts als ein dürftiges Feigenblatt zur Bedeckung unserer Blösse und wird auch nicht anders, wenn es in geschmackloser Sprache und unbeholfener Abstractionsweise *Hegel's* noch so sehr mit Phrasen verbrämt, mit Schelling'schen Vergleichungsspielen aufgeputzt und mit nichtssagenden etymologischen Wortspielereien „flüssig" gemacht wird. Derselbe Schriftsteller sagt einige Seiten weiter: „Je mehr man jetzt schon die Reichhaltigkeit der Lebensphänomene kennen gelernt und von diesen wieder zu Urphänomenen gelangt ist, um so mehr sollte man sich hüten, den ungebundenen Lebensquell in die beengten und beengenden Gränzen einseitiger und deshalb schon unwahrer Abstraction einzuzwängen, z. B. den ersten Grund der Bewegung und Empfindung nicht in dem sich bewegenden und empfindenden Theile, sondern ausserhalb desselben zu suchen und das so nah Liegende aus weiter Ferne scharfsinnig herzuleiten." Abgesehen von der Unklarheit und Einseitigkeit der Abstraction in diesem Satz, der, wenn er auf die ächte Abstraction und nicht auf verunglückte Schelling'sche und Hegel'sche Versuche angewendet werden soll, zeigt, wie der Verfasser noch nicht einmal weiss was eine Abstraction ist und für die geistige Thätigkeit bedeutet, abgesehen wie gesagt von diesem Mangel an logischer, ich will gar nicht einmal sagen philosophischer Orientirung — was bedeutet dieser Satz anders als „wenn ich den Zeiger der Uhr sich bewegen sehe, ists mir viel zu weit aussehend und zu mühsam, diese Bewegung von dem künstlichen Getriebe abzuleiten und, um zur Einsicht zu gelangen, die Gesetze der Mechanik zu studiren; „Selbstbewegungstrieb des Zeigers", mit dem einen Wort bin ich fertig."

Immer wieder derselbe Fehler! Weil die Leute überhaupt in der wahren Philosophie und besonders in der mathematischen Naturphilosophie und der Stellung der einzelnen Disciplinen zu derselben mangelhaft orientirt sind, kommen sie nie von der süssen Einbildung los, die Wissenschaft als etwas Fertiges zu besitzen, sie gleichen Menschen, die rückwärts einen Berg ersteigen, mit jedem Schritte, den sie gethan, glauben sie den Gipfel erreicht, weil sie nur übersehen, was unter ihnen liegt, nicht aber den steilen Hang bemerken, der hinter ihnen noch zu erklimmen ist. Solche Leute reden aber auch nur über das, was Andere gethan haben, was eben vor ihnen liegt, thun aber selbst nie einen Schritt weiter in der Wissenschaft, weil sie sich stets auf der Höhe glauben, bis ein Mitwandernder, der den rechten Standpunct kennt und deshalb weiter strebt, sie abermals um einen Schritt höher schiebt, wo sie ihr altes nutzloses Räsonniren und spielendes Systemmachen abermals von Neuem beginnen.

der immer um so stärker hervortritt, je weniger allgemeine geistige Durchbildung in den Einzelnen vorhergegangen ist und daher in neuerer Zeit bei der so traurig vernachlässigten logischen Ausbildung [1]) in unse-

1) Hier nur statt vieler ein Beispiel. „Der Schluss von der Wirkung (Erscheinung) auf die Ursache (Wesen) ist nicht nur erlaubt, sondern oftmals der einzig mögliche selbst bei exacten Wissenschaften. So schliessen wir aus gewissen Phänomenen auf die leibliche und geistige Existenz eines Wesens. wenn gleich Leben und Geist an sich nicht in die Erscheinung hervortreten, und dennoch ist nichts gewisser, als diese durch die Wirksamkeit sich offenbarende Existenz: *ex operibus cognoscitur deus.* Wollte man nur demjenigen Realität beimessen, was unmittelbar sinnlich wahrgenommen werden kann, d. h. nur das glauben, was man eben sieht, so müsste man den eignen (!) Geist leugnen, an den wir in diesem Sinn nur glauben (!), denn gesehen hat noch Niemand seinen Geist. Man wollte die selbstständige Bewegung der Blutkörperchen leugnen, weil man sie nicht wahrnehme, ohne zu bedenken, dass uns ringsum unsichtbare Bewegungen umrauschen und dass diese grade weit intensiver gehen, als die geräuschvoll sichtbaren, man denke nur an die schnellen unsichtbaren Bewegungen der Gedanken."

Ich glaube man könnte dreist einen Preis darauf setzen, in so wenig Zeilen noch mehr logische Fehler und oberflächliche Abstraction zu vereinigen, als hier geschehen ist, und das schreibt ein Mann, der mit *Hegel* stolz auf den gemeinen Menschenverstand herabsieht, über den er weit hinaus ist, ein Mann. der mit Achselzucken auf den armen, dummen und einseitigen *Kant* blickt, der es zu nichts Ordentlichem in der Philosophie bringen können. Man kann den Herren nur rathen, ein Jahr lang recht fleissig bei einem Manne aus der guten alten Schule Logik zu studiren und dann einmal zu versuchen, ob sie vielleicht schon so weit gekommen sind, auch nur die leichtesten Sachen *Kant's* bei gehörigem Studium verstehen zu lernen. Welche Verwirrung muss in einem Kopfe herrschen, der Ursache und Wirkung mit Wesen und Erscheinung (diese ist nur die räumliche und zeitliche Existenz des Wesens) gleichstellen kann, der so von dem Erlaubtseyn des Schlusses von Wirkung auf Ursache spricht; nun freilich ist der erlaubt, das ist eine längst abgethane Sache, vorausgesetzt nämlich, dass die Existenz der Wirkung und der Causalnexus zwischen ihr und der bestimmten Ursache bereits anderweitig festgestellt ist; wenn das Letztere aber nicht der Fall ist, so nennt man das willkürliche Supponiren einer Ursache nicht Schluss, sondern Phantasiren und Träumen Wer in aller Welt ist denn in neuerer Zeit unter wissenschaftlich Gebildeten noch ein solcher beschränkter Kopf, dass er an gar nichts glaubt, als was er sieht (d. h. mit leiblichen Augen), dass es der Mühe werth sey dagegen zu polemisiren? Aber hier wird wieder die Kant'sche unmittelbare Erkenntniss mit dem physiologischen Ansehen verwechselt und doch nicht bemerkt, dass ja eben der eigne Geist uns unmittelbar im Selbstbewusstseyn gegeben ist, also keines Schlusses zum Beweis seiner Existenz bedarf. Unsichtbare Bewegung der Blutkörperchen ist eine reine Unmöglickeit, Bewegung ist Veränderung des Ortes, und das muss man bei sichtbaren Gegenständen sehen können oder es ist nicht vorhanden.

rer wissenschaftlichen Laufbahn in allerhand tollen Fratzen einmal wieder lebendiger hervortritt. Dieser Hang will es immer gleich mit dem Geistigen, Göttlichen zu thun haben und hascht danach an Orten, wo es gar nicht zu finden.

Das Andere ist die leidige Oberflächlichkeit in der wissenschaftlichen Erkenntniss der Natur. Die Leute, die das ganze Naturgebiet im Geschwindschritte durchlaufen sind, die Chemiker und Physiker, Mineralogen, Botaniker und Zoologen zugleich sind, die Alles oberflächlich vielleicht mit dem geistreichen Schein des Salonswitzes berührt, nichts tief und durchdringend erkannt haben und nun glauben mit der Natur fertig zu seyn, diese können sich rückblickend denn doch nicht verhehlen, dass sie zu eignem Erstaunen etwas gar zu schnell zur Erkenntniss der Natur gelangt sind; weit entfernt aber den Grund davon in ihrer eignen Oberflächlichkeit zu suchen, wogegen sie ihre gesunde Eigenliebe schützt, bürden sie diese Beschränktheit lieber der Natur auf, umhüllen die Gränze, die sie nie zu überschreiten Muth, Kraft und Tiefe genug hatten, mit einem nebelhaften Vorhang von naturphilosophischen Modephrasen, als da sind: „besondere Psyche, Polaritätserscheinungen, allgemeine Lebenskraft, geheimnissvolle Naturlaute, Hereinragen einer Geisterwelt, peripherisches Leben u. s. w.“ lauter Worte, hinter denen überall oder doch da, wo sie gebraucht werden, kein vernünftiger Sinn steckt; dann weisen sie mit geheimnissvoller Priestermiene auf den selbst erregten

Selbstständige Bewegung kann ich aber überall niemals sehen, sondern nur Bewegung; ob sie selbstständig sey oder nicht, ist erst auszumachen, für die Blutkörperchen aber vom Herrn Verfasser nur hinzufingirt. Unsichtbare Bewegung ist, wie oben bemerkt, ein Unding, wenn es nämlich etwas anders heissen soll als Bewegungen uns unsichtbarer Körper, was es aber grammatisch gar nicht heissen kann. Ueber die Gedankenbewegung endlich will ich mit dem Verfasser nicht rechten, das gehört mit zu der allgemeinen Hegel'schen Confusion, die bei jedem Wort an Nichts und an Alles denkt und denen so in blossen Wortwitzeleien jede wissenschaftliche Schärfe und Klarheit verloren geht.

Tempelqualm und rufen: „Seht wie unbegreiflich und undurchdringlich ist die Natur!“ [1]) Mich dauern diese armen Leute, die noch nicht einmal eine Ahnung von dem Punct haben, wo die Natur anfängt unbegreiflich zu werden. Freilich wenn der Natur bei jeder Erscheinung tausend verschiedenartige Kräfte und Stoffe zu Gebote stehen, so kann ich mich allerdings freuen, dass diese allervortrefflichste Taschenspielerin mit einem so glänzenden Apparat in der That recht niedliche Kunststückchen macht. Wie aber, wenn es der Menschheit einmal gelänge, auch nur in grossartiger Ahnung alle organischen Vorgänge auf physikalische Kräfte und diese auf eine Grundkraft zurückzuführen? Hier ist der Punct um erstaunend stehen zu bleiben und anbetend niederzusinken, wenn wir erkennen, wie der einzige Strahl göttlicher Allmacht, den wir Natur nennen, sich an der einfachen Materie so mannigfaltig bricht, um eine uns unendliche Welt mit tausend Farben und Gestalten zu beleben, wie der Brosame, der von des Herren Tische fällt, Millionen sättigt und das hingeworfene Scherflein zum unermesslichen Reichthum erwächst. Da eben liegt das grosse wunderbare Geheimniss, wie sich das Eine zum Mannigfaltigen entwickelt, und jede Zurückführung einer bisher für eigenthümlich und selbstständig gehaltenen Erscheinung auf andere bekannte Thatsachen macht uns die Natur im edleren Sinne unbegreiflicher und führt uns zu dem wahren Endziele der Naturforschung, bis zur unmittelbaren Gränze des Geistigen und Göttlichen als des allein Unbegreiflichen durchzudringen, näher, als alle sogenannten Naturphilosophen mit ihrem Nebeln und Schwebeln in geistigen

1) Hier ist allerdings sehr wahr und geistreich, was *Liebig* (Organ. Chemie S. 35) über die Schelling'sche Schule sagt, wenn er aber statt dessen den Ausdruck deutsche Naturphilosophie substituirt, so beurkundet es nur abermals seine grosse Unwissenheit in Allem, was über dem Horizont seiner chemischen Küche hinausliegt. Wir Deutschen haben Gott sey Dank einen *Kant* und eine mathematische Naturphilosophie von *Fries* und dürfen stolz darauf seyn.

Potenzen, psychischen Principien, erstarrten Traumgebilden höherer Typen und dergleichen Schnurrpfeifereien je thun werden [1]).

Endlich hört man das Verdammungsurtheil der physikalischen Erklärungen im Gebiete des Organismus noch

1) Fast möchte ich hier eines (wie die späteren tüchtigen Arbeiten des Verfassers zeigen gewiss zu dessen eigner Befriedigung) längst verschollenen Handbuches der Botanik erwähnen, in welchem die Verkehrtheiten der noch jugendlichen Schelling'schen Schule am schärfsten sich zeigen. Ich glaube man darf nur einem jungen Manne von gesundem Sinne und etwas elementarbotanischer Kenntniss einige Paragraphen daraus zu lesen geben, um ihn für immer von einem Irrgange abzuschrecken, der zu solchen Sachen führt Nicht im Interesse der Botanik, sondern ganz besondes im Interesse einer gesunden Philosophie möchte ich wieder auf dieses Buch aufmerksam machen, denn „an den Früchten sollt ihr sie erkennen". Eine Philosophie, die ihren Anhängern einbildet, dass in solchen Träumereien und Buchstabenformeln auch nur ein Fünkchen Wissenschaft verborgen liegen könnte, die muss mit dem gesunden Menschenverstande total brouillirt seyn. Ich will beispielsweise einige Proben mittheilen, fest überzeugt, dass jeder Leser Lust bekommt, die Citate nachzuschlagen, um mich der Verleumdung zu überführen.

„Die Pflanze repräsentirt die ganze Längenaxe der Erde, sie zerfällt also als Ganzes in zwei Pole.

1) Der eine Pol ist der Pilzpol, Nordpol, der der Erde zugerichtet ist . . .

2) Der zweite geht nach oben und ist der eigentliche Südpol der Erde in organischer Besonderheit.

Die Pflanze wächst fort, indem sie aus der Blüthe ideale Wurzeln treibt (Geschlechtstheile).

Man begreift, so lange man die organische Reihe nur nach einer einfachen Entgegensetzung auffasst und beurtheilt, unter dem Namen des Pflanzenreichs Pilze und Pflanzen, unter dem Namen des Thierreichs Thiere und Menschen.

Zus. 1. Es ist dies der Urgegensatz der Längen- und Breitenaxe der Erde. (Vorher war schon von der Vollständigkeit der 4 Erdpole die Rede).

Bei der Blüthenbildung hat sich das peripherische Leben der Pflanze erschöpft und die hydrogenisirende Totalfunction der Blätter durch die gesonderte Darstellung der drei Blattelemente der untern, der obern Fläche und des Blattgerüstes aus einer blossen Bindung des Wasserstoffs $= n\,W + (n\,C + m\,S)$ in einem positiven

$n = W + (m\,C + n\,C)$ oder in ein reines $+\,W\,(+\,E)$ aufgelöst u. s. w. Ein Verhältniss, in welchem zwei Körper bei innerer chemischer Gleichheit einen vollendeten Gegensatz ausdrücken, der seinen Grund nicht mehr in der chemischen Mischung als solcher, sondern in der Entzweiung des Ursprungs der beiden Körper hat, heisst organisch und wenn die Vollständigkeit der Factoren des Planeten polar in diese Körper eingeht, geschlechtig!!!"

von entschiedener Unwissenheit aussprechen, von Physiologen, denen jeder klare Begriff der Mathematik und Physik fremd ist, oder von Mathematikern und Physikern, die von der organischen Welt nicht viel mehr wissen, als dass Hausthiere und Gartengewächse dazu gehören, wo ihnen denn freilich der Uebergang von einem Gebiet in das andere bedenklich scheinen mag.

D) Begründung der Urtheile.

D) Wenn es überall einen Unterschied zwischen geistreich thuendem Geschwätz, zwischen zufälligen Einfällen und einer ächten Wissenschaft giebt, so besteht er ohne Zweifel wesentlich in der Begründung der Urtheile, darin, dass die Wissenschaft keinen Ausspruch thut, ohne dass sie sich nicht klar bewusst wird, aus welcher Erkenntnissquelle der Satz fliesst, ob er daraus auf gehörige Weise abgeleitet ist und ob er rücksichlich seiner Stellung zur ganzen Wissenschaft so orientirt ist, dass er keinem wohlbegründeten Satze als Widerspruch entgegentritt. Wenn man aber, mit den Anforderungen, die eine gesunde Logik an die Begründung der Urtheile macht, vertraut, einmal unsere neuere Botanik durcharbeitet, so sollte man fast glauben, sie hätte zum Theil wenigstens gänzlich auf das ehrenwerthe Prädicat einer Wissenschaft verzichtet. Wenn es hier mehr auf Charakteristik unserer Zeit ankäme, wäre leicht nachzuweisen, wie Eitelkeit und Uebereilung, Mangel an gründlichem Lernen, ehe man lehrt, und ganz besonders die Vernachlässigung einer tüchtigen logischen Ausbildung die sich furchtbar rächenden Sünden sind, denen diese Erscheinung ihren Ursprung verdankt. Die jüngst vergangene Zeit hat fast in allen Fächern des Wissens ausgezeichnete Männer aufzuweisen gehabt und das Ende des vorigen und der Anfang dieses Jahrhunderts hat die Wissenschaften mit Riesenschritten gefördert. Wenn wir aber bemerken, dass wir Neuern im Verhältniss zu dem uns Ueberlieferten nicht eben solche Fortschritte machen, wie unsere Vorgänger, trotz der Menge der Mitarbeiter, trotz der grossen Verbesse-

rungen der Werkzeuge, so können wir die Ursache davon gar leicht in dem Mangel an gründlicher logischer Ausbildung finden. Die Wolffisch-Kant'sche Schule hat unendlich mehr geleistet, als gewöhnlich anerkannt wird, indem sie uns eine Menge Männer bildete, die nicht nur hin und wieder einmal einen guten Einfall hatten oder vom Zufall begünstigt eine kleine Entdeckung machten, sondern Männer, die vorbereitet waren, die guten Gedanken, die ihnen die Gunst des Genius verlieh, die Entdeckungen, deren Möglichkeit und Nothwendigkeit ihnen der Zufall in den Weg stellte, durch eigne Kraft zur gediegenen Wissenschaft zu verarbeiten, was doch am Ende das einzige eigne Verdienst des Menschen bleibt, da jenes andere sich Keiner geben noch nehmen kann. Hat man sich durch gründliches Studium in den Geist der Werke dieser Zeit hineingearbeitet und geräth dann über neuere Arbeiten, so hat man etwa das Gefühl, als ob man aus dem Studierzimmer in eine fröhliche Abendgesellschaft tritt. Es wird manches Belebende und Geistreiche beigebracht, manche Anregung gegeben, die vielleicht späterhin von wichtigen Folgen seyn kann, aber das Alles sorglos und unbekümmert um den Geist strenger Wissenschaftlichkeit, den man ja eben einmal vergessen will.

Man kennt zum Theil nicht einmal die wissenschaftlichen Formen und ihre ernste Bedeutung, durch den schnödesten Missbrauch sind die wichtigsten wissenschaftlichen Hülfsmittel so in Verruf gekommen, dass es den Meisten z. B. zur Abfertigung zu genügen scheint, wenn sie hinwerfen: „Es ist eine blosse Hypothese“, eine Redensart, die man fast in jedem botanischen Werke ein paarmal findet. Haben die Leute wohl bedacht, dass es auch nur vermittelst einer Hypothese geschieht, wenn ich ihnen gleich mir eine mit Vernunft und Verstand begabte Seele zuschreibe, und wollen sie etwa die strenge Gültigkeit dieser Hypothese in Zweifel ziehen? Aber eigentlich ist auch bei dieser Redensart die ächte

wissenschaftliche Hypothese gar nicht gemeint, sondern nur die an ihre Stelle getretenen Fictionen, mit denen man sich heutzutage weiter hilft, wo Zeit und Lust zu gründlicher Untersuchung und Durchdenkung fehlen, oder wo die Eitelkeit, des Sokratischen Spruches uneingedenk, nicht eingestehen will, dass sie nichts weiss, oder wo endlich die logische Unklarheit selbst gar nicht einmal merkt, dass sie längst das Gebiet der Wissenschaft verlassen. Wenn wir unsere botanischen Handbücher streng durchgehen, werden wir bald finden, dass wir wenigstens ein Drittheil des darin Enthaltenen wegwerfen dürfen, nicht weil es falsch ist, sondern lediglich deshalb, weil es ganz unbegründet dasteht, also gar nicht einmal berechtigt ist, einen Streit über Wahrheit und Falschheit zu veranlassen. Die wenigsten Bearbeiter der Botanik scheinen einen Begriff davon zu haben, dass in einer Erfahrungswissenschaft jeder Schritt inductorisch orientirt seyn muss, wenn er nicht aus dem Gebiet der Wissenschaft in das des spielenden Wortmachens hinüberführen soll. Die Folge davon ist, dass man unendliche Zeit daran wenden muss, um die Masse historisch aufgehäuften Materials durchzuarbeiten, um am Ende einzusehen, dass man um $^9/_{10}$ seiner Zeit betrogen ist. Es ist dies aber so sehr die Krankheit unserer Zeit, dass selbst die Meister der Wissenschaft willenlos diesem Schlendrian folgen, man hat wie es scheint in *corpore* an der Wissenschaftlichkeit der Botanik verzweifelt. Einige Beispiele wenigstens mögen meine Ansicht belegen. Beispiele.

1) Alle Handbücher sprechen von den Antheren der Kryptogamen und noch vor Kurzem hat uns *Link* mit Flechtenantheren, *Meyen* mit *Aecidium*-antheren beschenkt. Was ist eine Anthere? Entweder 1) eine Zellgewebsmasse, die in ihrem Innern, in Mutterzellen auf bestimmte Weise Zellen entwickelt, die wenige Ausnahmen abgerechnet von allen andern Zellen dadurch unterschieden sind, dass sich um jede eine äussere Haut 1) Antheren der Kryptogamen.

von erhärtetem, verschieden geformtem Schleim bildet; oder 2) eine bestimmte ganz eigenthümliche Metamorphosenstufe eines ächten Blattes; oder 3) ein Organ, welches Zellen enthält, die auf eine wesentliche und unzweifelhafte Weise bei der Erzeugung eines neuen Individuum, also bei der Fortpflanzung thätig sind. In erster Beziehung, die Entwickelungsgeschichte betreffend, wissen wir gewiss, dass der Vorgang fast ganz identisch sich bei den Sporen der meisten Kryptogamen wiederfindet, nie auch nur in einer irgend möglicher Weise zu erkennenden Analogie bei den sogenannten Antheren. In zweiter Beziehung, der morphologischen Bedeutung, müssen wir gestehen, dass wir mit der Morphologie der Phanerogamen noch nicht einmal im Klaren sind, von einer Morphologie der Kryptogamen kann noch gar nicht die Rede seyn. So weit aber die entfernten Analogien sich noch festhalten lassen, haben *Mohl* und Andere bestimmt nachgewiesen, dass die Sporangien der meisten Kryptogamen den Antheren entsprechen, von den sogenannten Antheren der Kryptogamen hat auch nicht ein einziger Botaniker bis jetzt eine morphologische Deutung nur versucht. Endlich in Bezug auf den dritten Punct, die functionelle Bedeutung der sogenannten Antheren betreffend, hat noch kein Botaniker, ja selbst die Entdecker derselben nicht einmal gewagt, die Beobachtung dahin gehöriger Thatsachen, sondern höchstens einige vage Vermuthungen und Möglichkeiten vorzubringen. Wenn nun aber nichtsdestoweniger von Antheren der Kryptogamen gesprochen wird, so muss ich behaupten, dass dies ganz leere, nichtssagende Worte sind, oder gestehen, dass ich nicht weiss was Wissenschaft ist. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft braucht man sich also gar noch nicht einmal auf den Beweis einzulassen, dass die fraglichen Organe keine Antheren sind, sondern die Behauptung gehört als eine ganz unbegründete gar nicht in die Wissenschaft, sondern zu den Privatträumen der

Einzelnen. Man wende mir hier nicht ein, dass dies im Grunde ein leerer Wortstreit sey und dass nichts darauf ankomme, ob man die Dinger vorläufig Antheren oder anders nenne. Worte an und für sich sind gar nichts, um Worte lässt sich daher auch nicht streiten. Worte aber sind Zeichen für die Begriffe und kommen nur als solche in der Wissenschaft vor. Mit dem falschen Wort ist also nothwendig ein falscher Begriff gegeben und es wird Niemand in Abrede stellen wollen, wie verderblich es in der Wissenschaft ist, sich an falsche Begriffe zu gewöhnen. Will aber einer Anthere so definiren: Anthere nenne ich alle die Gebilde, von denen es mir gefällt, sie willkürlich und ohne Gründe unter diesem Namen zusammenzufassen, so habe ich gegen den freilich Unrecht.

2) Ein anderes glänzendes Beispiel bietet uns die Lehre von den sogenannten Verwachsungen, die seit *De Candolle* zu einer wahren Manie in der Wissenschaft geworden ist. „Bei den Irideen, bei den Onagreen u. s. w. ist der Kelch mit dem Ovario verwachsen". Diese Redensart ist so gänge und gäbe geworden, dass kaum ein Botaniker ein Bedenken hat, sie auszusprechen, und doch ist sie so nichtssagend, dass ächte Wissenschaftlichkeit sie ohne Weiteres streichen wird. Der angeführte Satz enthält die Behauptung eines bestimmt angegebenen Entwickelungsprocesses; die einzige Möglichkeit der Begründung beruht also auf der Untersuchung des Entwickelungsganges. Kaum sollte man es aber glauben, dass der Satz aufgestellt von hundert und aber hundert Botanikern nachgesprochen ist, ohne dass einer auch nur den Versuch gemacht hätte, den Bildungsprocess, auf den er sich doch mit seinem Ausspruche beruft, zu beobachten. Ohne auch nur einmal die Resultate der Entwickelungsgeschichte zu kennen, müssen wir diese ganz unbegründete Fiction aus der Wissenschaft ausstreichen. Nun ergiebt aber auch die Entwickelungsgeschichte bestimmt etwas ganz Ande-

2) Die Verwachsungen.

res, wie anderwärts ausgeführt ist. (*Wiegmann's* Archiv 1839 Bd. 1. S. 216).

3) Der Urschleim. 3) Nehmen wir ein drittes Beispiel, die Entstehung der Pflanzenzelle. Ich will hier nicht die vielen zum Theil abgeschmackten Phantasien wiederholen, die hier aufgestellt sind, sondern nur eine herausgreifen, die von bedeutenden Männern auch noch in neuester Zeit aufgestellt und entwickelt ist. Man lässt nämlich die Zellen aus und in einer formlosen primären Gallerte als blosse Höhlungen entstehen, die sich erst später eine eigne Wand bilden. Begründet kann diese Ansicht nur dadurch werden, dass man nachweist, dass überall oder doch in den meisten Fällen, wo Zellen entstehen, eine solche Gallerte vorhergeht. Das hat nun freilich Niemand gethan [1]) und es möchte wohl auch ziemlich unmöglich seyn, denn überall ist Zelle oder Zellgewebe, Spore oder Embryo früher da als die Gallerte. Aber so ist es auch gar nicht gemeint; geht man dem Gedankengang der Behaupter dieses Urschleims nach, so findet man, dass die vergleichende Betrachtung der Pflanzenformen und das häufige Vorkommen dieses Schleims bei den niedrigsten Pflanzen, den Anfängen der Vegetation, zu der ausgesprochenen Ansicht geführt hat, aber gewiss ohne dass man sich der logischen Verknüpfung der Gedanken klar bewusst geworden, sonst würde man vor dem Sprung im Schlusse zurückgebebt seyn. Auf den logischen Ausdruck gebracht lautet die Sache nämlich so:

a) Viele niedere Pflanzen (nicht alle) zeigen im ausgebildeten Zustande eine grosse Menge Gallerte, welche die Zellen umhüllt.

b) Das Verhältniss der s c h e i n b a r weniger vollkommenen Organismen zu den scheinbar vollkommneren

1) Ich muss hierbei ausdrücklich bemerken, dass ich mir eine Arbeit von *Unger* über diesen Punct, ich glaube eine Petersburger Preisschrift, bis jetzt noch nicht habe verschaffen können.

können wir uns durch das Bild einer Entwickelung des Unvollkommneren zu dem Vollkommneren veranschaulichen.

c) Also entwickeln sich alle Zellen aus einer Urgallerte.

Dieser abenteuerliche Schluss ist die einzige Grundlage des Vorurtheils, in welchem befangen die Männer die sich ihnen darbietenden Thatsachen zu Gunsten ihrer vorgefassten Ansicht deuteten; Thatsachen, die sie ganz anders würden aufgefasst haben, wenn sie jenes Vorurtheil durch klare Einsicht in seine gänzliche Nichtigkeit von sich entfernt hätten.

Es wird hier am Orte seyn, überhaupt etwas über den Werth der vergleichenden Betrachtung der Naturkörper zu sagen, deren Werth weit überschätzt ist, weil man die logische Bedeutung derselben verkannte. Wir haben eine Zeit erlebt, wo sich diese verkehrte Anwendung der vergleichenden Anatomie bis zu der exorbitanten Behauptung hinaufgeschroben hatte, dass der Mensch in seinem individuellen Entwickelungsprocess nach und nach alle unter ihm stehenden Thierclassen durchlaufe. Solche Irrwege waren nur dem möglich, der sich durchaus im Voraus keine Rechenschaft gegeben hatte, was die vergleichende Anatomie eigentlich leisten könne und solle.

Beiläufig vom Werth der vergleichenden Naturwissenschaften.

Wenn wir organisirte Naturkörper unter einander vergleichen, so kann es uns nicht entgehen, dass Form und Leben bei einigen einfacher, bei andern zusammengesetzter erscheint. Es ist aber schon ein ganz falscher Ausdruck, wenn wir dafür die Worte unvollkommen und vollkommen, niedrige oder höhere Entwickelungsstufe gebrauchen. Dieser Ausdruck hat nämlich keine wissenschaftliche Schärfe, sondern ist nur ein bildlich veranschaulichender. Wenn eine Conferve bestimmt wäre ein Eichbaum zu seyn, so wäre sie freilich sehr unvollkommen; sie soll aber eben nur eine Conferve

seyn und ist, wenn sie gesund entwickelt ist, als Conferve vollkommener als eine verkrüppelte Eiche. Gleichnissweise mögen wir aber das Einfachere das Unvollkommnere nennen, obwohl das Gleichniss umgekehrt sich ebenso gut durchführen liesse. Bleiben wir uns aber bewusst, dass das Ganze nur ein Gleichniss ist, so versteht sich von selbst, dass uns die Vergleichung der sogenannten niedern Organismen mit den höheren nie Resultate gewähren kann, die für den individuellen höhern Organismus gültig wären; denn solche Resultate können eben nur aus der Erforschung des höhern Organismus selbst gewonnen werden. Es bleibt uns also die Frage, welchen wissenschaftlichen Werth hat denn überall die vergleichende Betrachtung der organischen Wesen? Mir scheint die Antwort sehr nahe zu liegen: sie giebt uns leitende Maximen für die Untersuchung der einzelnen Naturkörper an die Hand und dient somit der Methode. Wir brauchen dafür nur ihre grossartigste Anwendung zu betrachten. Die genauere vergleichende Zusammenstellung musste bald darauf führen, dass an der Stelle einfacher Formen, einfacher Processe in einem Organismus, in einem andern zusammengesetztere sich zeigen, dass die einfachsten Wesen sich dadurch, dass man gleichsam für jedes Einfache zwei Factoren setzt, als deren Product es erscheint und dann bei den Factoren so fortfährt, zuletzt zu den verwickeltsten Complicationen überführen lassen. Dies war es auch, was das Gleichniss von der Entwickelung des Vollkommneren aus dem Unvollkommneren annehmbar erscheinen liess. Dieses Gleichniss ist aber eben nichts Anderes, als die in neuerer Zeit erst in ihrer ganzen Wichtigkeit anerkannte leitende Maxime: die Bedeutung und das Wesen eines Organismus oder eines Organs kann nur aus seiner Entwickelungsgeschichte oder daraus erkannt werden, wie aus dem einfachsten Keime das vielfach zusammengesetzte Geschöpf geworden ist.

So wie es nun hier im Allgemeinen ist, so auch

im Einzelnen. Die vergleichende Betrachtung ist niemals ausreichend zur Begründung irgend eines Satzes, wodurch ein gegebener Naturkörper in seiner individuellen Natur bestimmt werden soll, wohl aber wird sie meistens uns Fingerzeige geben, sey es Warnung vor Irrwegen, sey es Hindeutung auf den richtigen Weg, sey es Anleitung, wie er am sichersten zu betreten, kurz leitende Maximen, wie und wo wir am sichersten die Aufklärung des fraglichen Punctes bei dem gegebenen Naturkörper zu suchen haben[1].

4) Zugleichseyn u. Causalnexus.

4) Ebenfalls hierher gehörig ist folgender vielfach verderblich gewordener Missgriff. Eine Art von Spielerei ist oft damit getrieben, dass man von zwei zusammentreffenden Erscheinungen ganz willkürlich die eine als Grund der andern angesehen hat, z. B. die Vertheilung der Blattnerven als Grund der Blattform. Es liegt darin für die Erkenntniss der Gesetze des Pflanzenlebens auch durchaus gar nichts, und man kann mit demselben Rechte die Sache umkehren und die Blattform zur Ursache der Vertheilung der Blattnerven machen. So z. B.: „Das Zerfallen der Gefässe in Knoten ist Grund aller seitlichen Ausbreitung" ist völlig nichtssagend; man darf mit demselben Rechte behaupten: „Die seitliche Ausbreitung ist der Grund der Knotenbildung und letztere Grund des Zerfallens der Gefässe". Das Wahre an der Sache ist nur, dass wir Beides meist (nicht einmal immer, z. B. beim Moosblatte) zusammenfinden.

5) *Thouars* Ansicht üb. Stammbildung.

5) Am verderblichsten für die Fortbildung der Botanik hat aber eine hierher gehörige falsche Ansicht gewirkt, die von *Dupetit Thouars* ausgegangen bis auf den heutigen Tag noch die Botaniker verwirrt. Ich meine die Ansicht, dass die Knospen (und Blätter) die

1) Die Anwendung der vergleichenden Methode zur Anordnung der Naturkörper gehört nicht hierher und versteht sich von selbst, da ich überall nicht zwei Körper als zusammengehörig hinstellen kann, wenn ich sie nicht vergleiche.

Ursprünge des Stammes wären, dass die Verdickung des Stammes und seine neuen Gefässbündel die herabsteigenden Wurzeln der Knospen seyen. Es ist nicht wohl nachzukommen, ob *Thouars* noch durch etwas Anderes, als durch den bekannten Erfolg des Ringschnitts an der Rinde zu seiner Annahme geführt worden ist, so viel aber ist klar, dass es eine ganz leere, durch nichts gestützte Fiction ist, denn über den Ursprung der Theile kann nichts als eine Verfolgung der Entwickelungsgeschichte Aufschluss geben und die giebt hier leider das Gegentheil an die Hand. Wie blind sich Viele in dies angelernte Vorurtheil festgerannt haben, zeigt sich auf die schlagendste Weise in einem Aufsatz von *Georg Gardner* (*Ann. and Mag. of Nat. Hist. Sept. 1840 p. 61*), wo es heisst: „Man braucht nur einen Längsschnitt eines Palmenstamms mit seinen Blättern anzusehen, um sich, und wäre man der grösste Skeptiker, zu überzeugen, dass die Holzsubstanz (die Gefässbündel) von den Blättern gebildet werde“. Es ist kaum begreiflich, wie ein Mensch so wenig gesunden logischen Sinn haben kann, denn es ist doch grade dasselbe, als wenn ich behauptete, man könnte einem ausgespannten Faden auf den ersten Blick ansehen, ob das obere oder untere Ende zuerst befestigt sey.

Ich wiederhole hier noch einmal, dass solche Irrthümer durchaus unentschuldbar sind, da sie nicht eine besondere Summe von Erfahrungen erfordern, um vermieden werden zu können, sondern nur Anwendung des gesunden Menschenverstandes und einer gesunden Logik, für deren Nichtgebrauch Jeder, der in der Wissenschaft seine Stimme erhebt, verantwortlich ist. In dem gegebenen Fall liegt die Täuschung vielleicht gar nur in einem Wortspiel. Man fängt an, einen Pflanzentheil in seinem räumlichen Verlauf zu verfolgen und nennt den Punct, von dem man ausging, den Anfang, den Ursprung, und den Punct, in welchem man ankommt, das Ende. Nun aber geht man, durch den Doppelsinn

des Worts Ursprung getäuscht, von dem räumlichen Verlauf zur zeitlichen Entwickelung über, und der Unsinn ist da, ehe man sichs versieht. Hätte man beim Präpariren zufällig am andern Ende angefangen, so würde man grade zum entgegengesetzten Resultat gekommen seyn, was freilich rücksichtlich seiner Begründung dann eben so unhaltbar gewesen wäre. Grade dasselbe zeigt sich bei *Nees von Esenbeck's* von aussen in die Antheren hinein wachsendem Pollen, Handb. der Botanik II. S. 257, wo sich die Sache noch dazu komisch macht, weil es als etwas in der Natur des Pollens und der Anthere nothwendig Begründetes nachgewiesen wird, so wie einige Seiten früher die Spiralantheren der Farren (die zwar nicht existiren), die *Nees* aber nicht entbehren kann, ohne dass das ganze angeblich naturphilosophische Gebäude der Antherenbildung über den Haufen fällt.

Alle angeführten Verkehrtheiten gehen nur daraus hervor, dass man die Anforderungen, die die Logik an jede inductive Wissenschaft macht, misskennt und vernachlässigt. Wir finden bis jetzt in der Botanik unsere Gesetze und allgemeinen Regeln nur durch den logischen Wahrscheinlichkeitsschluss mittelst unvollständiger Induction. Hier gilt nun, dass wir von der Einheit vieler Fälle auf die Einheit aller schliessen, indem wir erwarten, dass die noch unbekannten Fälle sich eben so unter die hypothetisch aufgestellte Regel fügen werden. Eigentlich schliessen wir also von allen präsumtiv zusammengefassten Fällen auf die Einheit des Gesetzes, darin liegt die alleinige Schlusskraft dieser Operation und ein einziger Fall, der daher sich der Regel entzieht, wirft sogleich die ganze Regel über den Haufen. Aber wer denkt noch daran, wenn ein Satz einmal in zehn Büchern gedruckt ist, noch nachzuforschen, auf welchen Grund hin derselbe eingeführt?

6) Aeltere Physiologen bauten auf dem Aufsteigen des Frühlingssaftes und der Continuität des Lumens der 6) Die Saftbewegung in den Pflanzen.

Spiralgefässe und porösen Röhren ihre Theorie der Bewegung der Nahrungsflüssigkeit, deren Nothwendigkeit auch nur in Folge einer unhaltbaren Analogie mit den höheren Thieren postulirt wurde; dabei setzten sie stillschweigend voraus, dieselbe Erscheinung, dieselben Organe würden sich bei weiterer Untersuchung auch wohl bei den übrigen Pflanzen finden. Tausende von Pflanzen sind seitdem untersucht, die keine Spur von jenen sogenannten Gefässen zeigen, die keine Andeutung eines solchen Aufsteigens der Säfte geben, noch mehr sind einzelne Pflanzentheile und darunter zum Theil die wichtigsten, z. B. Ovulum und Anthere bekannt geworden, die oft gar keine, oft nur wenige und bis zum eigentlichen *Punctum saliens* gar nicht hinreichende Gefässe haben, gleichwohl muss in ihnen allen eine lebhafte Fortbewegung des Saftes stattfinden, weil sie vegetiren und eigenthümliche Stoffe bilden, neue Zellen entwickeln u. s. w., ja selbst bei den ganz im Wasser wachsenden Fucoideen bleibt, was man ganz übersehen hat, die Frage nach der Art der Saftbewegung stehen, da doch nur die äussersten Zellen unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen. Weit entfernt aber, dass man nun die ältere Theorie, die ihre Begründung und ihren Sinn ganz verloren hatte, fallen liess und nach neuen Bahnen suchte, hat man sich seitdem auf die wunderbarste Weise bemüht, die neuen widersprechenden Thatsachen zurechtzuzerren und mit dem alten Vorurtheil zu verknüpfen. Die ehrlichsten Pflanzenphysiologen haben zwar noch die Capitelüberschrift von der Saftbewegung in den Pflanzen, sie sprechen aber im ersten §. vom Holzkörper, im zweiten §. vom Holzkörper der Dikotyledonen, und im dritten erfährt man endlich, dass ihrer Ansicht nach in der Linde, die grade vor ihrem Fenster grünt, der Saft in den porösen Gefässen des Splintes aufsteige, von den übrigen 119,999 Pflanzen auf der Erde ist nicht weiter die Rede, die mögen sehen, wie sie sich selber helfen.

Doch mich will bedünken, dass hier der Beispiele genug aufgeführt wären, um zu zeigen, wie wenig von unserer Wissenschaft stehen bleibt, wenn man den Sachen hinsichtlich ihrer Begründung auf den Zahn fühlt. Ueberhaupt verlasse ich lieber dieses sterile Gebiet des logischen Sichtens, was Jeder mit Hülfe eines guten Handbuchs der Logik, wenn er keine Logik im Kopf hat, selbst leicht vornehmen kann und sich selbst überzeugen, wie viel der Botanik zur Wissenschaft fehle. Eins der unabweisbarsten Gesetze der Logik ist gewiss das, dass nur definirte Begriffe sich wissenschaftlich behandeln lassen und dass, wenn man an ihre Stelle die schwankenden Schemata der productiven Einbildungskraft setzt, man aus dem zu nichts führenden Hin- und Herreden nicht herauskommt. Vergleichen wir aber einmal unsere botanischen Handbücher, wie sie mit den Worten Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe u. s. w. umspringen, ohne dass man je erfährt, was sie eigentlich darunter verstanden wissen wollen, sehen wir zu, wie sie jeden Augenblick sich selbst untreu werden, wenn sie ja einmal eine Art von Definition gegeben, so wundert man sich nicht mehr, dass die Botanik noch so weit von ihrem Ziel ist. Ebenso unabweisbar ist der Satz, dass erst die systematische Einheit (nicht das Formelle des *A. a* und *b, B. a, b, c,* sondern der Materie des Gedankens) eine gegebene Menge von Kenntnissen zur Wissenschaft macht. Wie viele Widersprüche, Inconsequenzen und unvermittelt dastehende Behauptungen zeigt uns aber fast jedes Handbuch unserer Disciplin, ohne dass sich Jemand darüber wundert. Ich überhebe mich der Mühe, hier abermals Beispiele anzuführen, die in Menge zur Hand wären, und wende mich lieber zu den fruchtbareren Bemerkungen über die eigentlichen leitenden Maximen in der Botanik.

§. 6.

II. Specielle Regulative für die Botanik. Aufgabe der Wissenschaft.

II. Ich muss hier zuerst von der Aufgabe der Wissenschaft einige Worte sagen und zwar scheint es sehr leicht, diese dahin zu bestimmen, dass es die sey, die Natur der Pflanze als eigenthümliches Product des gestaltenden Processes an der Erde und als eigenthümliche Form eines Complexes von Lebenserscheinungen in dem oben (S. 17 fg.) entwickelten Sinne zu erforschen. Gleichwohl scheint diese Aufgabe keineswegs Allen klar zu seyn. Ich will hier namentlich drei Puncte hervorheben.

A) Das Object der Botanik sind Pflanzen nicht Bücher.

A) Zuerst muss ich bemerken, was sich freilich von selbst zu verstehen scheint und doch so oft verkannt wird, dass der Gegenstand, mit dem sich der Botaniker zu beschäftigen hat, Pflanzen und nicht Bücher sind. Bücher können uns nie etwas Anderes geben, als ein Wissen um das Wissen Anderer, nicht aber Einsicht in die Sache selbst, und dieses Wissen ohne letzteres ist stets ein urtheilloses, also ganz unbrauchbares. Ich schliesse also gleich von dem Begriff eines Botanikers alle diejenigen aus, die nicht selbstthätig das Object der Wissenschaft, die Pflanze, zur Aufgabe ihres Studiums gemacht haben, und hätten sie auch eine ganze botanische Bibliothek *funditus* auswendig gelernt. Wir sind nicht philologische Wortklauber, die aus 100 Büchern das 101ste zusammenexcerpiren, die Natur selbst in ihrem lebendigen Getriebe ist unser belebendes Princip. Damit ist nun aber nicht gesagt, dass Jeder die Pflanze unvorbereitet angucken und Alles, was ihm dabei einfällt, in den Tag hinein reden soll, wie das auch leider nur zu oft geschieht [1]. Im Gegentheil, wie schon oben

1) Ein spasshaftes Beispiel der Art findet man in den *Ann. des sciences Juillet* 1840 unter dem Titel: *Etudes phytologiques par M. le comte de Tristan.* Wie dergleichen heutzutage noch Eingang in eine wissenschaftliche Zeitschrift findet, lässt sich höchstens durch den Titel *comte* erklären. *Quantum est in rebus inane!*

erwähnt, ist ein gründliches Lernen hier wie überall unerlässlich und nicht dringend genug zu empfehlen, aber dieses Lernen selbst ist nichts weiter, als die Vorbereitung, und zum Botaniker wird man erst dadurch, dass man selbst die Pflanze beobachtend und denkend ergreift und so das auswendig Gelernte durch das hinzutretende Urtheil zum inwendig Begriffenen macht. Aber nicht blos im Allgemeinen gilt dieser Satz, sondern auch in den einzelnen speciellen Theilen. Ein Urtheil über irgend einen Theil der Botanik und somit ein brauchbares Wissen gewinnt man sich erst dann, wenn man den Gegenstand selbst in der Natur beobachtet hat. Leider haben wir eine Menge von Werken und Aufsätzen in der Botanik, die so entschieden schädlich und hemmend der Wissenschaft in den Weg treten, weil sie aus andern Büchern von Leuten zusammengeschrieben sind, die den Gegenstand, um den es sich hier handelte, in der Natur selbst nicht gründlich beobachtet hatten, daher auch ohne Urtheil lasen und ohne Urtheil zusammenstellten. Als Beispiel kann *Emil Kratzmann*, Lehre vom Saamen. Prag 1839 dienen, welches fast auf jeder Seite Falschheiten oder schiefe Darstellungen enthält, vor welchem Buch man Jeden warnen muss, der den Gegenstand nicht schon im Voraus gründlich kennt, weil er dadurch nur confus werden kann. Solche Gegenstände, an die Männer wie *Richard*, *Gärtner*, *Robert Brown* ihren ganzen Geist und Fleiss setzen, um sie der Vollendung näher zu bringen, sind keine Aufgaben für einen Anfänger, dessen Fleiss höchstens das Material durchläuft, dessen Urtheil aber nicht Einer Arbeit dieser Männer gewachsen ist. Ein ähnliches Beispiel liefern die meisten neuern Verhandlungen über die Fortpflanzung und Sexualität der Pflanzen, in denen Leute ihre Stimme erhoben, die über den fraglichen Punct nie selbst Untersuchungen angestellt und daher meistens auch die fremden Untersuchungen ohne Urtheil auffassten. Wenn nun so falsch aufgefasste Thatsachen

combinirend zu theoretischen Ansichten verarbeitet werden, so kommt ein Gebräu heraus, das für den Kenner völlig ungeniessbar, für den Anfänger aber aufs Schlimmste verderblich und verwirrend ist.

B) Das Object der Wissenschaft ist die Pflanze im Allgemeinen, nicht diese oder jene concrete Pflanze.

B) Der zweite Punct, den ich hier erwähnen muss, ist einer, der sich eben so von selbst zu verstehen scheint, aber der ebenfalls keineswegs immer klar erkannt worden ist. Wir haben es nämlich in der ganzen Wissenschaft nicht mit dieser oder jener einzelnen Pflanze zu thun, sondern mit der Pflanze schlechthin, mit dem vegetabilischen Organismus; was wir zu suchen haben, sind also Regeln und Gesetze für alle Pflanzen. Erst wenn wir das, was allen Pflanzen gemeinsam zukommt, erforscht haben, wenn wir das Leben und die Organisation der Pflanze auf ihren einfachsten Ausdruck gebracht haben, erst dann können wir hoffen, daraus die Complicationen in einer einzeln gegebenen Pflanze als bestimmte Modification des Pflanzenlebens überhaupt erklärend zu fassen. Wenn wir die ältern Handbücher der Anatomie und Physiologie der Pflanzen in dieser Beziehung betrachten, so kann man beinahe mit völliger Gewissheit daraus bestimmen, ob vor dem Hause ihres Verfassers eine Linde, ein Apfelbaum, oder ein Fliederbusch stand, da Alles, was sie vorbringen, sich nur auf diese eine Pflanze bezieht und ganz arglos als für alle Pflanzen überhaupt geltend vorgetragen wird. Nun sind wir zwar darüber in neuerer Zeit etwas hinausgekommen 1), aber die meisten Handbücher, sogar oft die systematischen, behandeln die ganze Wissenschaft so,

1) In einem bekannten Werke heisst es bei dem Unterschiede zwischen Pflanzen und Thieren: „Gewächse nehmen ihre Nahrung vom Boden auf, woran sie geheftet sind, vertheilen sie sogleich durch den ganzen Körper, verdauen sie in Organen (Blättern), die der Luft ausgesetzt sind, werden in einer dem Lichte geöffneten Blüthe befruchtet u. s. w." Was sollen nun wohl alle diese Worte helfen, um ich will nicht sagen *Protococcus*, aber fast alle Algen und Pilze von den Thieren zu unterscheiden, da auf diese Pflanzen von allen jenen Merkmalen auch nicht ein einziges passt?

als ob nur Phanerogamen und höchstens noch Farrenkräuter in der Welt wären. Aber auch die besten haben wenigstens immer noch einen gewaltigen Beigeschmack vom gemässigten Klima und stammbildende Dikotyledonen mit streng periodischer Vegetation spielen die Hauptrolle. Um nur Eins anzuführen, die Lehre von den Knospen wird fast nur in Bezug auf unsere Waldbäume abgehandelt, und dass alles dort Gefundene nicht auf die Terminalknospe eines ununterbrochen sprossenden *Pandanus*, einer Palme oder *Musa* passt, wird ganz übersehen. Nun will ich damit gar nicht den fleissigen Arbeiten ihr Verdienst absprechen, nur meine ich, dass es verwirrend und für die ganze Wissenschaft verderblich ist, wenn solche ganz specielle Fälle unter der Form allgemeiner Gesetze vorgetragen werden.

§. 7.

C) Stellung und Aufgabe der Botanik nach den Hülfsmitteln des menschlichen Erkenntnissvermögens.

C) Ich komme endlich zum dritten Punct und zwar zum wichtigsten von allen. Ich habe in einer allgemeinen Uebersicht oben der Botanik hinsichtlich ihres Objectes ihre Stelle angewiesen. Hier will ich es versuchen, sie in subjectiver Hinsicht in Bezug auf ihre Aufgabe und wissenschaftlichen Hülfsmittel genauer zu charakterisiren; denn erst dann, wenn wir gefunden haben, welche Stelle sie in ihrer Beziehung zum Ganzen der menschlichen Erkenntniss einnimmt, sind wir im Stande, ihr ihre höchsten leitenden Maximen zu nennen und unter diesen ihre Methode zu entwickeln.

Botanik als theoretische Wissenschaft.

Von jeher ist man gewöhnt gewesen, neben den theoretischen Wissenschaften die historischen und unter ihnen die Botanik aufzuführen. Besonders seit *Linné* die Methoden der Bestimmung und Anordnung der Pflanzenformen bis zu einem hohen Grad der Vollendung ausgebildet hatte, schien ihre Stellung entschieden. Ich bin gewiss weit entfernt, die grossen Verdienste *Linné's* zu verkennen, und wünschte im Gegentheil nur, dass

seine genialen Gedanken in ihrem wahren Werthe und unabhängig von dem einzelnen Falle der Anwendung besser und allgemeiner verstanden würden, auch erkenne ich die Nothwendigkeit der Linné'schen Schule als Durchgangsperiode, aber auch nur als solcher, gern an. Aber ich muss doch gestehen, dass es mir eine trostlose Ansicht von der Wissenschaft zu seyn scheint, wenn man in ihr keine andere Aufgabe erkennt als die, die einzelnen Pflanzenformen unterscheiden, mit lateinischen Namen benennen und zur leichtern Registrirung in irgend ein logisches Fachwerk einordnen zu lernen. Könnte ich mich je davon überzeugen, dass dies das eigentliche Ziel der Wissenschaft sey, so würde ich mich sogleich zum Glauben derer bekennen, die zur Zeit der Linné'schen Schule die Botaniker als gelehrt thuende Müssiggänger bezeichneten und der Meinung waren, dass Botanik nicht würdig sey, das Leben und die Thätigkeit eines Menschen von Geist auszufüllen. Aber ich bin wie gesagt vielmehr der Meinung, dass diese ganze Richtung der Linné'schen Schule nur eine Durchgangsperiode, eine untergeordnete Vorbereitung für die eigentliche Wissenschaft war, wie auch der Einzelne, der die Botanik wissenschaftlich erfassen will, nothwendig sich mit einer gewissen Summe von Formen bekannt machen muss, damit er Stoff habe, aus und an welchem er die Wissenschaft selbst entwickeln, Fälle, auf die er die gewonnenen, für sich gehaltlosen Regeln anwenden kann. Wenn die Botanik nicht auf das Prädicat einer theoretischen Wissenschaft Anspruch machen kann, so ist sie nichts, als die Spielerei einer müssigen Neugier.

Ich glaube auch, die Ahnung davon durchdringt allgemach unser ganzes botanisches Leben. Zwar hat man bis jetzt nur einzelne Zweige herausgegriffen und diese in ein besseres Verhältniss gestellt, wie z. B. Anatomie und Physiologie, aber die Morphologie gehört ebenfalls dahin, wie schon oben angedeutet wurde, und ich wüsste nicht, was dann noch von der Botanik übrig

bliebe, als das Geschäft des Handlangers, der dem Baumeister die Werkstücke zureicht. Damit will ich keineswegs die systematische Botanik im engsten Sinne des Wortes und die Männer, die sich damit beschäftigen wollen, herabsetzen. Sie sind fürs Ganze eben so nothwendig, denn ohne Handlanger kann der Meister nicht bauen. Aber eben wie jene müssen sie sich bescheiden, dass sie gute Handlanger sind, wenn man ihnen die Achtung nicht entziehen soll, die dem Burschen, der den Meister spielen will, nie gebührt. Nur darin ist Einer achtungswerth, wenn er das, wozu ihm die Kräfte geworden sind, vollkommen verrichtet, wenn er seinen Kreis vollkommen ausfüllt, nicht aber darin, ob sein Kreis grösser oder kleiner, seine Wirkungssphäre eine höhere oder niedere ist. Lächerlich macht sich nun der Botaniker, der den Systematiker neben sich verachtet, weil ihm selbst ein höheres Gebiet vom Geschick zur Bearbeitung angewiesen ist, oder der Systematiker, der in gemeiner Beschränktheit sein Treiben nicht blos für wichtig und nothwendig (denn das ist es in der That), sondern für allein geltend und für das höchste Ziel der Wissenschaft ausgiebt. Kaum wird es aber nöthig seyn zu sagen, dass die meisten jetzt noch sogenannten Systematiker es in dem engen Sinne, wie ich es hier genommen, nicht sind, sondern ächte Botaniker, nur mit vorzugsweiser Richtung auf die Bearbeitung der systematischen Vorbereitungen.

Die theoretischen Disciplinen haben aber ein sehr verschiedenes Verhältniss unter einander, je nachdem sie dem Ideal ihrer Ausbildung näher oder entfernter gerückt sind, und von der vollendeten Theorie der reinen Bewegungslehre bis zu den wenigstens zum Theil noch combinatorischen Versuchen in Zoologie und Botanik sind gar manche Abstufungen. Mir scheint für Botanik hier Alles auf die Beantwortung folgender drei Fragen anzukommen: Was ist der Endzweck der Wissenschaft, das ihr vorschwebende Ideal? Welche Hülfsmittel stehen

ihr zu Gebote, um diesem Ideal sich zu nähern? Was ist das Ziel, welches sie mit diesen Mitteln zunächst erreichen kann?

Letztes Ziel der Botanik.

Die erste Frage beantwortet sich uns dadurch, dass wir das Ideal unserer Naturwissenschaft überhaupt erkennen, und dieses ist ohne Frage, „alle physikalischen Theorien auf rein mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückzuführen“ [1]. Dass wir hiervon besonders in den organischen Naturwissenschaften noch weit entfernt sind, ist allerdings wahr, aber nichtsdestoweniger bleibt die Aufgabe stehen und nichts ist verderblicher für die einzelnen Disciplinen und so auch für die Botanik gewesen, als dass man sie meistens nicht für einen ersten, vielleicht gar falschen Schritt zu einem unendlich fernen Ziele, sondern als ein etwa bis auf Kleinigkeiten fertiges System behandelt hat. Wir werden uns am wenigsten fürchten dürfen, unser hohes Ziel aus den Augen zu verlieren, wenn wir uns die letzte Frage beantworten und uns deutlich machen, was wir mit den uns zu Gebote stehenden Hülfsmitteln zunächst erreichen können.

Zunähst mögliche Resultate.

Dies ist aber offenbar vorläufig nichts Anderes, als eine sichere Grundlage für empirisch-physikalische Inductionen. Wenn wir eine solche Grundlage gewonnen haben, können wir erst die in den physikalischen Disciplinen gebräuchlichen empirischen Inductionen anwenden, und sollte es uns einst gelingen, auf diese Weise eine Physik des Organismus zu vollenden, dann erst entsteht die Aufgabe, durch rationelle Inductionen die Wissenschaft mit den höchsten metaphysischen Principien in Verbindung zu bringen [2]. Somit wäre unsere

1) Vergleiche hierüber unter andern *Fries*' mathematische Naturphilosophie §. 108. und anderwärts.

2) Wenn wir die sogenannte philosophische Einleitung zu *Carus*' Physiologie lesen, so finden wir darin von Wissenschaft keine Spur und ich spreche es dreist aus, dass Alles, man mag sagen was man will, was hier im Geiste der Schelling'schen Schule vorgebracht wird, nichts ist und nichts bleibt, als Spielerei einer herrenlosen Phantasie, die sich für

nächste Aufgabe den Standpunct zu erreichen, von dem die physikalischen Disciplinen ausgehen. Diese haben es aber nur mit messbaren Grössenunterschieden des Gleichartigen zu thun, all unser Bestreben muss daher darauf gerichtet seyn, so viel wie möglich die verschiedenen Qualitäten zu eliminiren und das zum Grunde liegende Gleichartige zu suchen, oder die verschiedenen erscheinenden Processe auf nach Zeit und Raum messbare Bewegungen zurückzuführen. So ist überall da, wo wir von einer Lebensthätigkeit, einem organischen Processe sprechen, noch eine Aufgabe zu lösen, weil wir hier noch erst, nicht die Erklärung selbst, sondern die Möglichkeit eines Erklärungsversuches

Philosophie ausgeben möchte. Alles in dieser Einleitung, sein göttliches Mysterium, sein göttliches Urwesen, sein Aether u. s. w. sind nicht vernunft- und erfahrungsgemässe (also wissenschaftliche) Begriffe, sondern ganz willkürliche Fictionen. Der Grundfehler liegt darin, dass der Verfasser wie seine Schule, selbst noch viele andere gar keiner Schule angehörige Forscher von der Architektonik des idealen Ganzen menschlicher Erkenntnisse, wie sie in unübertroffener Vollendung *Fries* in seiner Logik gegeben, gar keinen Begriff haben. Es liegt darin, dass sie in der Beschränktheit ihres Blickes eben die allgemein menschliche Beschränktheit nicht erkennen oder nicht erkennen wollen und sich wunder wie weise dünken, dass sie nicht einsehen, dass alle sogenannten Naturwissenschaften eben ihrer Natur nach nur noch unvollendete Anfänge werdender Wissenschaft sind, dass sie für den einzelnen Menschen mit Nothwendigkeit wenigstens zur Zeit noch unvollendbar sind und deshalb höchstens eines äussern rein formalen Systems empfänglich, aber nicht in einem materiellen Zusammenhang von höchsten einfachen Principien aus bis zum zusammengesetzten Einzelnen herab entwickelt werden können. Denn vom einzelnen Gegebenen gehen diese Wissenschaften aus; nur die Induction, von deren Bedeutung die neuere Naturphilosophie gar keinen Begriff hat, führt uns allmälig zu einem höhern Standpuncte. Grade in der Richtung auf die allerhöchsten Principien, die als allgemeine metaphysische Grundgedanken zugleich constitutive Principien für die einzelnen Disciplinen der empirischen Naturwissenschaften werden könnten, ist noch die ungeheure Kluft, über die eben jene Beschränktheit durch Fictionen einer des Zügels wahrer Philosophie gänzlich entbehrenden Einbildungskraft sich eine luftige Brücke bauen möchte. Diese Systeme (man kann ja aus den letzten 30 Jahren Beispiele genug anführen) erscheinen wie Seifenblasen und zerplatzen wie diese; nach 10 Jahren spricht höchstens noch ein philologischer Bücherwurm davon. Wem es aber um Wissenschaft und Menschheit ernst ist, der bedauert mit tiefem Schmerz, dass solche herrliche geistige Kräfte und die kostbare Zeit so nutzlos vergeudet werden.

zu erstreben haben. Steht nun in dieser Beziehung die Botanik wie die Zoologie in der Ausbildung der menschlichen Wissenschaften noch eine Stufe unter der Physik, so steht sie ihr in anderer Hinsicht, nämlich in dem Gebrauch der Mittel völlig gleich; Beobachtung und Experiment, Induction und Hypothese muss sie ebensowohl wie jene als ihr Handwerksgeräth in Anspruch nehmen und hier haben wir den für die Bearbeitung der Wissenschaft wichtigsten Punct zu erörtern, nämlich die Beantwortung der zweiten oben gestellten Frage [1]).

Hülfsmittel zur Lösung der Aufgabe.

Hier wird nun nichts damit gethan seyn, dass wir die allgemeinen Bestimmungen der angewandten Logik abschreiben, sondern es wird hier wiederum ganz besonders darauf ankommen, nachzuweisen, wie sich Beobachtung, Experiment u. s. w. in ihrer speciellen Anwendung auf die Botanik modificiren. Aber wir müssen selbst noch höher hinaufgreifen.

a) Sicherstellung durch Anwendung der allgemeinen leitenden Maximen.

a) Wenn auch in der Botanik weniger als in der Physik zur Zeit noch rationelle Inductionen ihre Anwendung finden können, so haben doch die höchsten leitenden Maximen ihre entschiedene Gültigkeit auch für uns und sie gelten uns wenigstens als Massstab für die Beurtheilung der Methoden im Allgemeinen.

Ich hebe hier folgende Hauptpuncte heraus:

1) Ich muss hier gegen *Fries* in seiner Logik Ed. III. S. 430 ff. bemerken, dass ich, wie schon oben entwickelt, die naturgeschichtlichen Disciplinen von einem andern Standpunct auffasse und wie ich glaube schärfer und richtiger eintheile als er und dass deshalb die Botanik bei mir auch nicht allein wie bei ihm den combinirenden Methoden anheimfallen kann. *Fries* trennte, wie mir scheint, nicht ganz richtig die Physiologie des Organismus von der Zoologie und Botanik als beschreibender Wissenschaft; letztere würde dann aber eben nichts als eine Vorbereitung zur eigentlichen Wissenschaft und höchstens (wegen der Eintheilung) unter logischer, also nur äusserlich wissenschaftlicher Form seyn, während doch wohl richtiger von einer theoretischen Wissenschaft des thierischen Organismus (Zoologie) und des Pflanzenorganismus (Botanik) gesprochen wird, die Physiologie des Organismus nur ihr Allgemeines zu umfassen hat, und selbst auf Kosmologie, Geologie und Krystallologie Rücksicht nehmen müsste.

1) Die einzige wissenschaftliche Aufgabe in unserer Naturerkenntniss ist die vollständige Theorie der körperlichen Weltansicht nach den Gesetzen der Bewegung. Aus den einfachsten Verhältnissen der körperlichen Abstossungen und Anziehungen in der Ferne oder in der Berührung müssen sich auch die verwickeltsten Wechselwirkungen der Körper in Raum und Zeit erklären lassen. Hierbei finden wir aber das Geistige nur in uns selbst, zwar auf eine uns völlig unerklärbare Weise mit dem Körperlichen für eine gewisse Zeit verbunden, aber zugleich an sich völlig selbstständig und unabhängig von allen Naturgesetzen. Geist und Körper bleiben uns ewig zwei gesonderte Anfänge, die beide nie in einer Theorie umfasst werden können. Nun kommt uns aber fremdes Geistesleben nur beim Menschen im Schluss nach vollständiger Analogie zum Bewusstseyn, diese wird schon bei den höheren Thieren unvollständig und behält bei den niederen Thieren und zumal bei den Pflanzen nur noch ästhetische Bedeutung [1]). Von der Botanik als Wissenschaft ist also alles Geistige, sey es als Erklä-

1) Geist und Körper sind ewig getrennte Anfänge verschiedener Weltansichten. Der theoretischen Wissenschaft gehört allein der Letzte.

1) Der ausgezeichnete *Joh. Müller* behandelt im ersten Abschnitt des letzten Theils der Physiologie das Seelenleben der Thiere auf eine Weise, als ob es eine vergleichende Psychologie gäbe und als ob man die einzelnen Thierseelen einzeln in Präparatenkästen vor sich haben und aufbewahren könnte Es giebt aber eine vergleichende Wissenschaft nur für Objecte, die ich einzeln für sich erhalten und erforschen, demnächst aber auch vergleichend zusammenstellen kann, also nur eine für die Körperwelt; erst durch diese komme ich durch schwankende Analogien zum Geistesleben. Die Seelen der Thiere kann ich gar nicht mit der menschlichen, die mir allein für die Beobachtung zugänglich. vergleichen, denn sie selbst sind erst das Resultat der Vergleichung und vor dieser gar nicht für uns vorhanden. Erst durch Vergleichung gewinnt mir das Object seine Merkmale und es ist klar, dass ich das so entstandene Object nicht wieder als ein selbstständiges zu einem Rückschluss benutzen darf. Auch kommt bei *Joh. Müller* noch die mangelhafte Abstraction hinzu, dass er physikalisches Leben und selbstständiges Geistesleben gar nicht scheidet Hierin scheinen mir zwei wichtige Mängel zu liegen, die grade diesem interessantesten Theile des Müller'schen Werkes einen grossen Theil seines Werthes nehmen. Ein anderer Vorwurf würde vielleicht der seyn, dass *Müller* die psychologischen Untersuchungen von *Kant* und *Fries* nicht kennt, wenn er sie nicht vielleicht absichtlich ignorirt.

rungsgrund, sey es als angebliche Inhärenz der Naturkörper gänzlich ausgeschlossen. Eine ästhetische Betrachtungsweise in der eben erwähnten Art mag vielleicht zumal von einem so geistreichen Manne wie *Martius* eine angenehme Unterhaltung gewähren, wenn aber *Meyen* in seinem physiologischen Jahresbericht solche poetische Versuche unter einem eignen Capitel: „Von dem Geistesleben der Pflanzen" in die Wissenschaft aufnimmt, so ist das nur eine im höchsten Grade geschmacklose Begriffsverwirrung.

2) Gesetz der Einheit in aller Naturwissenschaft.

2) Die Natur ist ein organisches Ganze und es giebt nur eine Naturwissenschaft, in der alle einzelnen Theile dem Gesetz einer und derselben systematischen Einheit unterworfen sind. Die einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen sind nur der Bequemlichkeit der Bearbeitung wegen gemachte Unterabtheilungen, und jede einzelne ist ihrem Gehalte nach von allen übrigen abhängig. Hierdurch erhalten die sogenannten Hülfswissenschaften noch eine andere und viel wesentlichere Bedeutung, als ich oben S. 12 ausgeführt habe. Sie geben uns nämlich leitende Maximen für unsere Forschungen und wir erhalten insbesondere die allgemeine Regel: Was einem bis jetzt anerkannten Gesetz in einer andern Disciplin widerspricht, ist so lange aus der Wissenschaft zu entfernen, bis die Unmöglichkeit des betreffenden Gesetzes als eines allgemein gültigen nachgewiesen ist. Diese Regel dient z. B. gleich, um unsere Verwerfung der angeblichen organischen Entstehung der Erden und Metalle durch den Lebensprocess der Pflanze zu rechtfertigen, so lange sie nicht durch Versuche, die keine andere, auch die scheinbar unwahrscheinlichste Möglichkeit einer andern Erklärung zulassen, dargethan ist.

3) Gesetz der Sparsamkeit.

3) Aus der Einheit der Natur folgt ebenfalls das Gesetz der Sparsamkeit derselben. In unserer Naturanschauung sind *a priori* alle Folgen eines Grundes gegeben, es giebt der Gründe also nur möglichst wenige. Jede Hypothese ist daher unzulässig und unbe-

dingt zu verwerfen, so lange wir noch mit einem schon anderweitig geltenden und bekannten Erklärungsgrunde auslangen. Es giebt vielleicht keine Regel, wogegen besonders aus Eitelkeit und Neuerungssucht mehr gesündigt würde. Insbesondere hier ist dies so anzuwenden, dass wir nicht berechtigt sind, einen neuen Erklärungsgrund anzunehmen, wenn blos die Schwäche unserer Sinne uns verhindert, ein bisher gefundenes und erprobtes Gesetz auch auf den noch übrigen Theil des Gebietes, für den es gelten soll, auszudehnen. Auch hier müssen wir immer das Gesetz so lange als allgemein gültig festhalten, bis der Beweis der Unmöglichkeit, der bekanntlich zu den schwierigsten gehört, geführt ist. Hierdurch entscheidet sich unter andern ganz einfach der Streit über die *Generatio aequivoca* dahin, dass sie nicht gilt, weil noch die Unmöglichkeit der Entstehung aus Eiern bei keinem organischen Wesen nachgewiesen ist. Die Beweise für die Falschheit der Annahme einer *Generatio aequivoca* von *Ehrenberg, Schulze, Schwann* u. s. w. sind zwar dankenswerthe Beiträge, aber überflüssig, denn auch ohne sie bleibt der Satz *Omne vivum ex ovo* stehen, da den Behauptern der *Generatio aequivoca* die Last eines stringenten, jede andere Möglichkeit ausschliessenden Beweises obliegt, der bis jetzt aber noch nicht geführt ist. *Meyen's* ganzer Polemik gegen meine Theorie der Fortpflanzung liegt allein die Vernachlässigung dieser ganz unabweisbar gültigen Regel zu Grunde, indem er die besten Thatsachen für meine Ansicht anführt, aber um sie mit seiner Ansicht zu vereinigen, für sie einen neuen, besondern Erklärungsgrund hinzusucht, während mein einziger Erklärungsgrund genügt, ganz einfach alle Thatsachen zu erklären.

4) Es giebt ein Gesetz der Bewirkung und ein Gesetz der Wechselwirkung, welche beide von sehr verschiedener Bedeutung sind. Das letztere lautet: Die Gemeinschaft alles Zugleichseyenden in der Sinnenwelt lässt sich nur als Wechselwirkung denken. Damit ist

4) Gesetz der Bewirkung u. der Wechselwirkung.

aber gar nicht gesagt, dass von zwei gleichzeitigen Erscheinungen das eine die Ursache des andern sey, sondern ihre Wechselwirkung kann durch ihre gemeinschaftliche Abhängigkeit von einem dritten bestimmt seyn. Mit dem höchst gesetzmässigen Zusammentreffen zweier Erscheinungen ist uns also für die Erkenntniss noch gar nichts gegeben als die Nothwendigkeit einer gesetzmässigen Verknüpfung, deren Form wir aber dann erst zu suchen haben. Dass hiergegen oft gefehlt wird, beweisen die schon oben S. 63, 4) fg. angeführten Beispiele.

b) Specielle Hülfsmittel.

b) Ich wende mich nun zu der Betrachtung der uns zu Gebote stehenden wissenschaftlichen Hülfsmittel.

1) Begriffserklärungen.

1) Hier haben wir es zuerst mit den Begriffserklärungen und der Bezeichnung derselben in wissenschaftlicher Sprache zu thun. Kaum aber kann man diesen Punct in der Botanik berühren, ohne sich über das gänzlich unwissenschaftliche, wahrhaft widerliche Treiben, das in dieser Beziehung in der Botanik herrschend geworden ist, in derbe Bitterkeiten zu ergiessen. Den ekelhaftesten Unsinn und die kindischste Spielerei mit Wortemachen hat man unter einem griechischen Namen Terminologie als eine wissenschaftliche Disciplin hingestellt. Jeder Narr meint hier das Recht zu haben, um seiner Eitelkeit zu fröhnen, wenn er nichts Besseres leisten kann, wenigstens neue Worte in die Wissenschaft einzuschieben, ja selbst Männern von Talent scheint oft die Wissenschaft ganz in ein leeres philologisches Spiel sich verkehrt zu haben. Man kann aber auch dreist behaupten, dass nur wenige ausgezeichnete Männer wie *Rob. Brown* einen richtigen Begriff von dem haben, was eigentlich Terminologie in der Wissenschaft sey. Er, von dem wir behaupten können, dass er mehr in der Wissenschaft geleistet, als die meisten Botaniker die je gelebt, hat Alles mit der bekannten Terminologie ausgerichtet und selten ein neues Wort gebraucht, und solche unterordnete Geister wie *Wallroth* haben die Frechheit uns zuzumuthen, für die bekanntesten Dinge

eine barbarische und unnütze Sprache zu lernen, um zuletzt zu erfahren, dass Alles auf leere Worte hinausläuft. Dass die Botanik eigne Begriffe hat, dass sie diese bezeichnen müsse, ist gewiss; aber dass diese Bezeichnung nur dann an ihrem Ort ist, wenn wirklich ein neuer Begriff festzuhalten ist, und dass deshalb Alles auf die Begriffsbildung ankommt, ist eben so gewiss. Mit dem Begriff steht und fällt sein Zeichen, das Wort. Meist ist aber von wissenschaftlichen Begriffen bei den Botanikern gar nicht die Rede, die wesentlichsten Dinge: Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe u. s. w. schweben ihnen nur in schematischer Undeutlichkeit vor und ich behaupte, dass unter den Büchern, die mir bekannt geworden, nicht ein einziges ist, in welchem diese Worte nicht in einem Sinne gebraucht werden, der der eignen Erklärung des Verfassers widerspricht. Meistens werden statt gründlicher Begriffsentwickelungen und strenger Definitionen halbfertige Erörterungen hingeworfen, man bespricht diese oder jene Eigenthümlichkeit eines Dinges, die einem grade gegenwärtig ist, und damit ists gut. Finden wir nicht z. B. bei einem berühmten Schriftsteller die Definition: „Naturgeschichte ist die Lehre von den natürlichen Körpern, sofern sie symmetrisch sind"; kann man etwas Oberflächlicheres sich denken? warum nicht lieber die Krystalle bei der Geologie untergebracht und dann gesagt: „sofern sie rund sind, oder sofern sie sich bewegen, oder sofern sie aus nass und trocken bestehen", Alles eben so richtig und eben so nichtssagend. Oder: „ein organischer Körper ist ein solcher, der sich selbst bildet, erhält und zerstört, ein unorganischer beharrt in demselben Zustande ohne Bildung". Hat der Verfasser etwa ein Kind ohne Mutter sich bilden sehen, ohne Nahrung und Atmosphäre und alle die tausend chemisch-physikalischen Einflüsse von aussen leben lassen u. s. w. oder hat der Verfasser etwa gesehen, wie ein Werkmeister die Salzlauge zum Krystall zusammenknetet oder an einen gebildeten Krystall

neue Tafeln ansetzt und zur Krystallvegetation zusammenleimt? „Ein organischer Körper ist lebend, denn er bewegt sich durch eigne Kräfte“. Ist denn die Grundkraft der Masse, die Mutter aller Bewegungen, die Gravitation etwa keine eigne Kraft, und was wäre dann Leben anders als das Todte und todt anders als das allein wahrhaft Lebendige, der Geist, denn er bewegt sich gar nicht, weil für ihn in seiner Selbstständigkeit kein Raum gilt. Solche nichtssagende Worte findet man aller Ecken und Enden, man mag nun aufschlagen wo man will. „Wurzel“, definirt Einer, „ist Alles, was an der Pflanze abwärts, d. h. unter einer Horizontalfläche fortwächst“; kurz vorher bestimmt er das Spargelarrhizom, das stets unter der Erde fortwächst, als Stengel, und die reifenden Früchte von *Arachis hypogaea*, die sich in den Boden einwühlen, wird der Verfasser doch wohl nicht zu den Wurzeln rechnen. Habe ich da so Unrecht, wenn ich das Alles für unwissenschaftliches Geschwätz erkläre, wenn die Leute auf der nächsten Seite schon nicht mehr wissen, was sie auf der vorigen gesagt?

Aber eben bei dieser schematischen Trübheit fehlt es denn auch an aller Auffassung der wesentlichen Merkmale und Sonderung derselben von den unwesentlichen Nebenbestimmungen. Sowie irgend Einer eine kleine Verschiedenheit auffasst, wird das gleich festgehalten und, als wäre ein neuer Begriff da, ein neues Wort erfunden. Welche tolle Synonymik hat allein der Begriff des Stengels aufzuweisen. Da ist *cormus, caulis, scapus, caudiculus, rhizoma, pedunculus, receptaculum, discus, lecus, torus etc.* und mit allen diesen Ausdrücken bleiben die wahrhaft wesentlichen Verschiedenheiten noch unbezeichnet. Für den allerwichtigsten Unterschied des Stengels mit entwickelten und unentwickelten Internodien, mit geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündeln haben wir keine Ausdrücke. Ebenso werden auf der andern Seite aus demselben Grunde

Dinge, die ganz verschieden sind, mit demselben Namen bezeichnet. *Ovarium* und *discus* bezeichnet ebensowohl Stengel als Blatt, *albumen* bezeichnet ebenso den *Nucleus* des Eichens wie die Füllmasse des Embryosods, *radix* bezeichnet Stengel- und Wurzelorgane und wiederum die ächten Wurzeln und die Adventivwurzeln, die in ihrer Entwickelungsweise himmelweit verschieden sind u. s. w. Ein wahrhaft grauenhafter Unsinn ist unsere Fruchtterminologie; die unwesentlichsten Modificationen haben oft zehn eigne Namen, wesentliche Verschiedenheiten sind unbezeichnet. Hier haben besonders die Franzosen ihr Möglichstes gethan, um die tollste Verwirrung herbeizuführen. Aber auch unter den Deutschen haben wir Manche, deren ganze Weisheit beinahe im Anfertigen neuer griechischer Wörter besteht. Dazu kommt nun noch der gänzliche Mangel an Uebereinstimmung im Gebrauch der Worte, besonders der Adjectiven [1]). Da will oft nur jämmerliche Eitelkeit etwas Apartes für sich haben. Männer, die mit stolzer Verachtung auf den armen *Linné* herabsehen, sollten nur von ihm erst das *ABC* wissenschaftlicher Thätigkeit lernen und ihn darin erkennen und würdigen, worin er wahrhaft gross war, dass er den barbarischen Wust einer unwissenschaftlichen Terminologie auskehrte und darauf hielt, dass ein Begriff streng definirt auch nur mit einem Worte, seine Modificationen aber durch Adjectivtermini bezeichnet würden. Auf der andern Seite sollten Männer, die sich zu seiner Schule bekennen, weil sie nur seine Schwächen aufgefasst, oder sich engherzig an die einzelnen Fälle der Anwendung seiner grossartigen wissenschaftlichen Principien halten, erst

1) *Secale cereale:*
Spica simplex, rachis inarticulata, *Kunth* Agrostographie.
Spica composita, rachis articulata, Nees v. Esenbeck Genera plantarum.
Sollte man wohl meinen, dass beide Männer von derselben Pflanze und einer Pflanze sprechen, die seit Jahrtausenden bekannt ist?

ihren Meister einmal studiren, um zu sehen, was *Linné* eigentlich gewollt, und was er jetzt thun würde, wenn er wieder käme:

Wie er sich räuspert und wie er spuckt,
Das habt ihr ihm glücklich abgeguckt;
Allein das Genie, ich meine den Geist
Sich nicht auf der Wachtparade (das Sexualsystem) weist.

Fragen wir nach der Ursache der ungeheuern Fortschritte, welche in den letzten 50 Jahren die Chemie gemacht, so wird Jeder, der die Wissenschaft kennt, gestehen, dass einen wesentlichen Antheil daran der Umstand habe, dass die Chemiker mit eiserner Strenge an die Ausbildung einer consequenten wissenschaftlichen Terminologie sich gehalten haben. Fragen wir den Zoologen, warum sein Studium so viel weiter gediehen ist, als die Botanik; weil er nicht sein halbes Leben darauf verwenden muss, um 100 Worte für dieselbe Sache auswendig zu lernen, während der Botaniker vor lauter leeren Namen und Worten nicht zur Sache kommt. Würde einer den Zoologen nicht für toll halten, der den Hals nicht Hals nennen wollte, weil er 10 Wirbel hat und nicht wie der menschliche 7, wenn er die vierfingerige Hand von der fünffingerigen durch ein anderes Wort unterscheiden, oder den Flügel der Fledermaus mit demselben Ausdruck bezeichnen wollte, wie den des Schmetterlings. In der Botanik geschieht dergleichen täglich, ohne dass man sich darüber wunderte. Endlich kommt noch dazu, dass die philologische Wortklauberei sich so ganz bei den Botanikern festgesetzt hat, dass jedes lateinische Wort, welches in einer Beschreibung gebraucht ist, gleich zum wissenschaftlichen Terminus gestempelt wird und wir mit saurer Mühe statt Botanik in Vorlesungen und Büchern einen Auszug aus *Scheller's* Lexikon erhalten. Sollen wir aus diesem Wust herauskommen, so muss vor Allem sich besonders bei den ausgezeichneten Männern, welche als Führer uns vorangehen, der bescheidene Sinn *Rob. Brown's*

geltend machen, welcher sich stets, oft fast zu ängstlich, an die Leistungen seiner Vorgänger anschloss und nur fallen liess, was entschieden materiell unhaltbar war, und nur neue Worte brauchte, wo entschieden neue Dinge zu bezeichnen waren. Dann aber müssen wir das Grundprincip des grossen *Linné* wieder aufnehmen, wo wesentlich nur Ein Begriff ist, auch nur Ein Substantivum zu gebrauchen und die Modificationen desselben durch Adjectiva auszudrücken [1]). Nicht blos unter den Naturkörpern, auch unter den Begriffen giebt es Geschlechter und Arten. Aber, wird die Frage entstehen, wie lernen wir das Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden, Identisches als solches kennen und wirkliche Verschiedenheiten auffassen? Darauf kann nur die Betrachtung des Objects der Wissenschaft und der daraus sich ergebenden methodischen Vorschriften antworten. Diese wird uns aber auch zugleich zeigen, wie sich die ferneren Hülfsmittel, die Beobachtung, das Experiment u. s. w. eigenthümlich in ihrer Anwendung auf Botanik gestalten.

2) Hier will ich noch einen Punct vorwegnehmen. 2) Zeugnisse, Autoritäten.
Alle Sammlung von Thatsachen in der Wissenschaft beruht entweder auf Autopsie oder auf Zeugniss. Wir sind in allen empirischen Naturwissenschaften bei der Beschränktheit der Mittel des Einzelnen vielfach an den historischen Glauben, an die Mittheilungen Anderer gebunden, aber wie häufig wird nicht dies Verhältniss ganz falsch aufgefasst und hinter der Nothwendigkeit, auch fremde Erfahrungen zu benutzen, birgt sich entweder lichtscheue Autoritätenfurcht, die statt kräftig der

1) Ein gewiss zu beherzigender Vorschlag wäre hier noch zu machen, der uns von vielem Wirrwarr befreien würde, dass nämlich die ausgezeichnetern Botaniker übereinkommen möchten, aus der Terminologie alle die Worte streng zu verbannen, die in der Zoologie einen bestimmten Begriff haben, denn es ist leider nur zu gewiss, dass es bei weitem mehr Menschen giebt, die nach blossen Worten, als solche, die nach Begriffen denken.

Wahrheit nachzustreben, an alten durch Missverstand oder Glück gehobenen und von der Gewohnheit, diesem furchtbarsten aller Tyrannen, heilig gesprochenen Namen klebt und längst abgethane Irrthümer stets wieder belebt, indem sie die erwachsene Wissenschaft noch immer mit ihren Windeln misst; oder eine Geistesstumpfheit, die, statt selbst die Wissenschaft zu erfassen, sie lieber mit mittelalterlich-philologischer Beschränktheit aus hundert Büchern zusammenzutragen sucht.

Es sey mir hier vergönnt, einige Worte über den Gebrauch der Autoritäten im Allgemeinen zu sagen, bei dem nach vielen Richtungen hin gesündigt wird. Man kann hier einen doppelten Gebrauch derselben unterscheiden. Entweder ist die Beobachtung in einem Puncte noch nicht so weit fortgeschritten, wir haben der Natur noch nicht so viel Boden abgewonnen, um uns darin festsetzen und ein Urtheil aussprechen zu können; oder die Thatsachen zur vollständigen Beurtheilung der Sache liegen wirklich vor.

In dem ersten Falle pflegt man denn wohl die Lücke durch Vermuthungen auszufüllen, und zur Unterstützung derselben werden dann meist viele Citate beigebracht, die eine ähnliche Vermuthung aussprechen. Dies ganze Verfahren ist nun durchaus verwerflich und geht aus einer falschen Grundansicht der Wissenschaft hervor. Alle unsere Erkenntnisse theilen sich nämlich in reine Vernunft- und Erfahrungswissenschaften. Die ersten haben die Aufgabe, das was eigentlich vollständig seinem ganzen Umfange nach schon dunkel in der menschlichen Seele ruht, deutlich zu machen und wissenschaftlich zu entwickeln; in ihren angewandten Theilen beherrschen ihre dunkleren oder klareren Aussprüche in jedem Augenblick unser Leben, indem sie unser Wollen und Handeln bestimmen. Hier giebt eben die Nothwendigkeit des Lebens den Antrieb, uns auch da vorläufig nach einer nur wahrscheinlichen Regel zu bestimmen, wo es der Wissenschaft noch nicht gelungen, dieselbe über

allen Zweifel zu erheben und klar zu machen. Gern mögen wir uns hier an das Beispiel grosser Männer, die wir achten und ehren, anschliessen und in ihrer Zustimmung für uns eine Beruhigung finden. Ganz anders ist es in den Erfahrungswissenschaften. In ihnen schreitet die Erkenntniss von Bekanntem zu stets neu sich Darbietendem fort, in ihnen hat und kann ohnehin nur Das Einfluss auf unser Leben (und noch dazu nur auf die Vermittlung desselben) haben, was die Wissenschaft schon ganz in ihre Gewalt gebracht hat und daher dem Leben als ein Werkzeug, dessen Gebrauch bekannt und sicher, anbieten darf; oder auf der andern Seite, das Leben hat längst aus der Erfahrung über eine Thatsache sicher entschieden und es fehlt nur die wissenschaftliche Deutung, die dem Leben unmittelbar nichts hilft. Diese Erforschung neuer, die blosse Aufklärung bekannter Thatsachen ist also reine Sache der Wissenschaftlichkeit und berührt das Leben gar nicht; es liegt daher auch kein bewegendes Interesse vor, dem einzig richtigen Gange vorzugreifen und durch Vermuthungen und Fictionen eine dunkle Kluft zu überspringen, ehe die Erfahrung die sichere Brücke gebaut. Was man gewöhnlich zur Rechtfertigung anführt, das Streben des Menschen nach Einheit und Vollendung in seinen Erkenntnissen, beruht auf einem blossen Missverstande, denn diese zu erstrebende Einheit und Vollendung ist eine philosophisch-architektonische, aber keine materiale, die nicht dem einzelnen Menschen, sondern der ganzen Menschheit angehört. Dieses Streben aber ist es grade, welches für den Einzelnen, der thätiges Mitglied der Menschheit seyn soll, die Erforschung des Wahren, die Erweiterung der Einsicht auch ohne Rücksicht auf möglichen Nutzen rechtfertigt und heiligt. Für das Individuum aber ist die Wissenschaft stets mit zwingender Nothwendigkeit eine unvollendbare und deshalb ist das Bestreben da, wo eine endlose Bahn vor uns liegt, einen endlich kleinen Theil auf anderm, als dem sichern

Wege der Erfahrung zurücklegen zu wollen, ein durchaus kindisches. Es kann also hier dem Einzelnen auch nicht durch Berufung auf viele Andere geholfen werden, denn viele Kinder machen noch immer keinen Mann aus.

Der zweite Fall des Gebrauchs oder vielmehr des Missbrauchs der Autoritäten ist aber eine blosse überkommene Erbschaft aus dem Mittelalter, wo es allerdings richtig war, statt aus den verdorbenen Schriften der Araber und Abendländer erst einmal wieder aus den unmittelbaren Quellen der alten Classiker zu schöpfen, nicht um die Sache aus ihnen kennen zu lernen, sondern um den Geist an ihnen zu stärken, damit er selbstständig an die Bearbeitung der Objecte selbst, die nicht Bücher, sondern Geist und Natur sind, gehen könne. Hier entstand das Citat ursprünglich nicht zur Bestätigung der Wahrheit des Gesagten, sondern zur Nachweisung, dass dies und nichts Anderes von den Alten behauptet sey. Nach und nach verkehrte sich aber die Sache, man vergass das eigentliche Object des Forschens und todte philologische Bücherweisheit wurde für Jahrhunderte der drückende Alp, der jede freudige und lebendige Entwickelung niederhielt, bis sich erst allmälig Philosophie und Naturwissenschaft von diesem Gespenst befreiten. Aber noch immer blieb das grundlose Vorurtheil kleben, als ob eine Sache, die in der Natur erschaut, im Geiste empfunden sey, an Sicherheit gewinne, wenn man ein Dutzend Schriftsteller für dieselbe anführen könne. In den Naturwissenschaften, mit denen ich es hier allein zu thun habe, giebt es aber nur eine Autorität, die so hoch über allen andern steht, dass sie dieselben ganz entbehrlich macht und selbst gegen die Gesammtheit Aller doch Recht behält, das ist die Natur selber. Mehr braucht es nicht, um eine Sache als sicher hinzustellen, als die Behauptung „ich habe es gesehen“, die bei jedem Andern den vollen Glauben in Anspruch nehmen darf, so lange der Behauptende nicht durch

nachgewiesene Leichtfertigkeit und Unwahrheit sich dieses Vertrauens unwerth gemacht hat. Ohne dieses Vertrauen kann eine empirische Wissenschaft gar nicht bestehen, und auf diesem nothwendigen Vertrauen beruht auch die Unhaltbarkeit aller verneinenden Behauptungen, so lange nicht die Unmöglichkeit einer behaupteten Thatsache nachgewiesen ist. Bei diesem Vertrauen ist aber auch jede Berufung auf Leute, die dasselbe gesehen haben wollen (allenfalls einen ausgenommen, wenn man die Sache juristisch auf zwei Zeugen stellen wollte) überflüssig und kann das einfache Wort des redlichen Mannes nicht verstärken, um so weniger, da Irrthümer in der Wissenschaft auch nur zu oft epidemisch sind und der Beispiele genug vorliegen, dass ganze Jahrhunderte oder alle Forscher einer Zeit insgesammt falsche Thatsachen überliefert haben, und das um so mehr, wenn sich die Meisten dabei mit blossem Abschreiben begnügen, was eben die Folge dieser unglückseligen philologischen Richtung ist. Ich will hier nur daran erinnern, wie die ganz grund- und bodenlose Behauptung der Endogeneität der Monokotyledonen wie ein Krebs in der Wissenschaft um sich gefressen hat. Aber es klebt eben gar Vielen eine seltsame Trägheit an, die lieber die Meinung von hundert und aber hundert Autoren aus bestaubten Folianten herausklaubt und mit philologisch-kritischem Apparate aus ihnen die wahrscheinlichste Meinung zu entwickeln sucht, statt sich mit frischen Sinnen und lebendiger Liebe selbst der Natur in die Arme zu werfen und an ihrer Brust aus dem wahren einzigen Quell des Lebens zu trinken. Ein solcher Mann mag mir eine Geschichte der Wissenschaft schreiben, er soll mir vielleicht willkommen seyn; wenn er mir aber sein Buch für die Wissenschaft selbst ausgeben will, weise ich ihm unbedingt die Thür.

Allerdings habe ich eben behauptet, dass das Wort des Mannes „so habe ich gewissenhaft beobachtet“ in der Wissenschaft vollgültiges Zeugniss für eine That-

sache seyn muss. Allein leider kommen gar manche Umstände zusammen, die diese nothwendige Forderung in ihrem Erfolg verderblich für die Wissenschaft machen. Wo es auf Thatsachen ankommt, die dem Einzelnen selbst zu beobachten unmöglich sind, da, aber auch nur da, ist er gezwungen, sich im Vertrauen auf wissenschaftliche Redlichkeit auf das Wort Anderer zu verlassen und andere Forscher anzuführen. Hier steht denn auch der Andere ganz unter den Bedingungen, welche für Zeugenaussagen gelten. Zuerst muss also jede Einmischung seines Urtheils beseitigt werden. Seine Ansicht hat höchstens nur insofern zufälligen Werth, als sie sich wirklich von selbst aus den Thatsachen ergiebt. Bei der Prüfung der Aussagen über Thatsachen selbst entstehen aber nothwendig die beiden Fragen: konnte Zeuge die Wahrheit sagen und wollte er die Wahrheit sagen? Hier zeigt sich nun ganz besonders der fehlerhafte Gebrauch der Citate, indem meistens die Zeugnisse nur gezählt, aber nicht gewogen werden. Die strenge Beantwortung jener beiden Fragen muss aber immer vorangehen, ehe man sich auf ein fremdes Zeugniss stützt und dadurch Thatsachen in die Wissenschaft einführt, die diese ebenso sehr verwirren und hemmen, als aufklären und fördern können.

In Bezug auf die erste Frage sind es besonders zwei Puncte, die man sich zu beantworten hat, nämlich die nach der Methode und die nach den Hülfsmitteln. Wer nicht auf dem richtigen Wege sucht, wird auch ohne seine Schuld nur Falsches finden und ebenso der, welcher mit schlechten Instrumenten arbeitet. Wie häufig finden wir hier über Vorgänge in der Pflanze das Zeugniss von Männern aufgerufen, die statt zu beobachten blos raisonnirten, also gar nichts über den fraglichen Punct sagen können, und fast in jedem Handbuche begegnen uns die Namen der Forscher früherer Jahrhunderte bei Gegenständen der feineren Anatomie, über welche sie wegen Mangelhaftigkeit ihrer Mikroskope

nichts wissen konnten. Von Methode und Instrument werde ich aber unten noch mehr sagen.

Wissenschaftliche Redlichkeit.

Nicht minder wichtig ist die Beantwortung der zweiten Frage, ja man kann sagen noch wichtiger, aber gewöhnlich wird sie ganz aus dem Spiele gelassen, weil man sich hinter einen gewaltigen Missverstand versteckt. Die Frage ist eigentlich richtiger so zu fassen: Leitete den Forscher bei seinen wissenschaftlichen Bestrebungen durchaus kein anderer Trieb, als die reine Wahrheit und die ganze Wahrheit zu finden und diese ganz und unentstellt mitzutheilen? So trifft diese Frage allerdings den Charakter des Forschers, und man hat bis jetzt immer so gethan, als müsse derselbe in der Wissenschaft ganz aus dem Spiel bleiben. Diese Anforderung ist aber, wie sich leicht zeigen lässt, eine durchaus unsinnige. In Philosophie und Mathematik genügt allerdings eine blosse Entwickelung der Sache, um jeden Widerspruch zu beseitigen, denn ich kann an die Einsicht jedes Einzelnen appelliren, und wem die fehlt, dem ist auf andere Weise auch nicht zu helfen. Ganz anders ist aber das Verhältniss in den empirischen Naturwissenschaften, die ganz auf der Sicherheit der Thatsachen beruhen, die der Einzelne unmöglich alle selbst sammeln kann, sondern von denen er den grössten Theil von Andern blos auf Treue und Glauben hin annehmen muss. Hier kommt es eben auf Treue und Glauben, also auf den Charakter des Einzelnen an und diesen bei Seite lassen, heisst die Wissenschaft, das Heiligthum der ganzen Menschheit, aus feiger Menschenfurcht oder aus jämmerlichen eigennützigen Absichten[1]) hintansetzen. Es findet hier

1) Dies sind doch die beiden einzigen Triebfedern, die in geringeren oder höheren Graden hier wirksam werden. Ich habe öfter von einem Manne, der lange das kritische Schwert führte, sagen hören: „Ja wenn das Buch nicht von dem berühmten Herrn * * wäre, würde ich es ganz anders beurtheilt haben“. Eine solche feige Verleugnung der eignen Ueberzeugung bezeichnet meiner Ansicht nach einen moralischen Lumpen.

aber noch ein anderer Missverstand statt, der den Tadel aussprechen lässt: der und der hat sich im wissenschaftlichen Streite Persönlichkeiten erlaubt. Jeder Mensch hat ein unbezweifeltes Recht darauf, sein Privatleben und seinen Privatcharakter unangetastet für sich zu behalten und nicht als einen Gegenstand öffentlicher Discussionen hingestellt zu sehen; aber ebenso unzweifelhaft ist es auch, dass Jedermann auf ein ihm zustehendes Recht ganz oder theilweise verzichten könne. Das thut aber jeder, der selbst öffentlich als Schriftsteller in der Wissenschaft auftritt. Was er, wenn auch nur seinem Vorgeben nach, mittheilen will, ist Wahrheit, was ich von ihm lernen will, ist Wahrheit, und da steht mir doch ohne allen Zweifel das Recht zu, zu fragen, ist von dem Menschen so, wie er sich zeigt, auch Wahrheit zu erwarten? Wenn einer in dem, was er freiwillig veröffentlicht, sich nachweisbarer unzweifelhafter Lüge oder eines hohen Grades der Unlauterkeit und des Leichtsinnes schuldig macht, so muss mir gewiss erlaubt seyn, dieses von ihm selbst zur Schau getragenen Charakters mich zu bedienen, um seinen Behauptungen den Eingang in die Wissenschaft zu wehren, oder doch die Bedeutsamkeit abzusprechen. Ueberall, wo es auf Glaubwürdigkeit ankommt, gehört der öffentliche Charakter des Menschen so nothwendig mit zur Beurtheilung seiner Leistungen, dass man gar nicht davon absehen darf, ohne das Heiligthum der Menschheit, Wissenschaft und Wahrheit zu verletzen. Allerdings versteht es sich hierbei von selbst, dass ein solches Urtheil nicht in blossem unbegründeten Absprechen bestehen darf, wodurch der, der es thut, nur den Glauben an seine eigne redliche und unparteiische Wahrheitsliebe zerstört, sondern dass es mit wissenschaftlichen und zureichenden Gründen belegt seyn muss [1].

1) Grade dies in Tag hinein Absprechen über den Charakter eines so treuen und redlichen Forschers wie *Schwann* rief mein herbes Urtheil

Ich kann nicht umhin, hier ein paar Beispiele auszuführen, um mein Urtheil über Herrn *Corda* und *Meyen* ein für allemal zu rechtfertigen. Mir gilt es hier um das Heil der Wissenschaft und ich thue es auf die Gefahr hin, dass wenigstens bei dem Letzteren feine Nasen kleiner Geister in meinem Urtheile eine persönliche Abneigung erblicken, weil er im Leben mein Gegner war. Mir ists genug, dass mein Gewissen mich davon gänzlich freispricht.

Eine der ersten Arbeiten, mit denen Herr *Corda* auftrat, waren seine Beiträge zur Lehre von der Befruchtung. (*Nova Acta Ac. C. Leop. Carol. Vol. XVII. Pars II. p. 599.*) Hierin steht ausdrücklich, dass er die Brown'schen Entdeckungen gekannt, und doch behauptet er sie zuerst gemacht zu haben; er sagt ausdrücklich, dass er die Untersuchungen im April begonnen, und laut der Titelnotiz sind sie in selbem Jahre im October der Akademie überreicht. Nun liefert er aber eine Entwickelungsgeschichte der Conifereneichen, die wenigstens bis zum Anfang des Januar zurückgeht. Vergleicht man die Natur, so sieht man, dass Herr *Corda*, wie es auch die angegebenen Daten besagen, diese ganze Entwickelungsgeschichte erlogen hat, indem er das fertige Ei nach immer verkleinertem Maassstabe hin zeichnete; der arme Herr vergass, dass sich bei der Entwickelung nicht blos die Dimensionen, sondern auch Gestalt und Verhältnisse total ändern. Hat man dieses Resultat erlangt und vergleicht nun die übrigen Zeichnungen mit der Natur, so findet man, dass auch von diesen fast nicht eine einzige nach der Natur entworfen, sondern gradezu hinphantasirt ist, da in der Natur auch nichts nur entfernt Aehnliches vorkommt.

über *Berzelius* (*Flora* von 1840 S. 741) hervor, und ich glaube noch nicht, dass ich Unrecht gehabt. Wenn der überall oberflächliche und selbstgefällige *Sprengel* den stets aufrichtigen und wahrheitsliebenden *Mirbel* mit den Wörtern apostrophirt: der übermüthige, leichtsinnige und unwissende Franzose, so macht er dadurch nur sich selbst verächtlich.

In der Sturm'schen Flora von Deutschland hat Herr *Corda* einige Schwämme geliefert. Frühere Beobachter suchten die Hutpilzsporen ähnlich wie bei den *Pezizaarten* in den Schläuchen, wo sie, wie die neueren Beobachtungen nachgewiesen haben, nie sitzen, auch nie sitzen können. Aeltere Beobachter bildeten dies aber wenigstens nicht ab, weil sie es in der That nicht gesehen. Darauf kommt es aber Herrn *Corda* nicht an. Auf Tafel 55 (Heft 14 und 15) Fig. 4 bei *Amanita phalloides var. virescens*; Taf. 54 Fig. 4 bei *Amanita muscaria puella*; Taf. 53 Fig. 3 bei *Agaricus fragilis* werden die Sporen frischweg in die isolirten Schläuche hineingezeichnet. Taf. 49 Fig. 5 bei *Agaricus micaceus* erfindet Herr *Corda* eine ganz neue Befestigungsart der Pilzsporen und zeichnet sie als gesehen hin; aber nicht genug; aus Furcht, man möchte doch vielleicht seine offenbaren, wissentlichen Unwahrheiten etwa noch einer blossen Täuschung zuschreiben, zeichnet er uns auf Taf. 60 Fig. 7 bei *Boletus piperatus* ein eignes Loch oben am Sporenschlauch und eine Spora, die grade im Begriff ist durch dieses Loch auszutreten. In einem Aufsatze über Spiralfaserzellen in dem Haargeflecht der Trichien Prag, 1837 S. 6 behauptet Herr *Corda*, dass er Menschenhaare in die porösen Zellen der Coniferen eingeführt und dadurch die Continuität ihres Lumens auf Fuss, Zoll und Organenlänge nachgewiesen. Durch Maceration erkennt man die isolirten porösen Zellen als halbe Linien lange an beiden Enden geschlossene Prosenchymzellen. Ein dünnes Frauenhaar ist grade noch einmal so dick, als das Lumen der weitesten Coniferenzelle, wovon man sich durch Messung leicht überzeugen kann. Es ist nicht nöthig, aus Herrn *Corda's* Schriften diese Beispiele noch zu vermehren. Hier sind schon unzweifelhafte Lügen genug, um das Urtheil zu rechtfertigen, dass Herr *Corda* jede Glaubwürdigkeit verwirkt hat und dass alles von ihm Vorgebrachte gar nicht in die Wissen-

schaft aufgenommen werden darf, bis es durch ehrenhafte Beobachter bestätigt ist.

Wenn ich mich jetzt zu *Meyen* wende, so glaube ich, es wird mir Jeder, der mit seinen Schriften bekannt ist, den Beweis dafür erlassen, dass er dem Leser auf jeder Seite als unerträglich arrogant und eitel entgegentritt. Wie weit seine Eitelkeit ihn aber fortreissen kann, dafür führe ich von vielen Beispielen drei auf. In seiner Physiologie Bd. II. S. 45 sagt *Meyen:* „Grade die jungen Brugmansien, deren Untersuchung ich Herrn *Blume* verdankte, verführten mich zu jener Ansicht der Parasiten, welche ich im Jahr 1828 (!!) bekannt machte. Man möge mir jene Ansicht zu meinen Jugendsünden zählen, aber auch heutigen Tages nicht mehr glauben, dass ich mich noch nicht eines Bessern gelehrt hätte“. Dabei hatte *Meyen* aber vergessen, oder wollte absichtlich Andere vergessen machen, dass er kaum ein Jahr vorher in seiner Pflanzengeographie S. 70 den Unsinn über die Parasiten in aller Breite vorgetragen hatte. Derselbe hat einen heftigen Prioritätsstreit mit *Purkinje* und *Mirbel* über die Entdeckung der Spiralzellen in einigen Antheren geführt, eine Entdeckung, die doch nur als vereinzelt dastehende Thatsache untergeordneten Werth hatte. In seiner Physiologie lässt er nun, um seine Leser völlig zu überzeugen, eine Stelle aus irgend einem Aufsatze *Mirbel's* abdrucken, worin allerdings von Spiralzellen nichts steht. Aber die Stelle, nach der Jeder zuerst greifen würde, aus *Mirbel's* Handbuch der Botanik, *Nouveau traité de botanique,* die schon geschrieben war, als *Meyen* noch auf den Schulbänken sass und worin *Mirbel* ganz ausdrücklich seine Entdeckung meldet und beschreibt, berührt er nicht; diese Stelle nicht zu kennen wäre eine so grosse Unwissenheit, dass sie fast eben so tadelnswerth erscheint, als absichtliche Verschweigung. Jedem, der mit der Literatur der letzten Jahre bekannt ist, wird erinnerlich seyn, welche absurden Ansichten *Meyen* über

den Bau des *Sphagnum*blattes (besonders in der Harlemer Preisschrift) vorgetragen und wie er auf unartige Weise den treu beobachtenden *Moldenhauer*, der lange die richige Ansicht hatte, geringschätzend über die Achsel ansieht. Nachdem *Mohl* ihm so klar bedeutet, dass an keinen Widerspruch mehr zu denken war, lässt er plötzlich die Vergangenheit fallen und beginnt im Jahresbericht 1839 (in *Wiegmann's* Archiv Jahrgang 5 Bd. 2 S. 111) mit den Worten: „Ich habe den wahren Bau des *Sphagnum*blattes entdeckt". Das ist denn doch ein wenig stark und ich denke man ist vollkommen gerechtfertigt, wenn man *Meyen* überall da, wo etwa seine Eitelkeit mit der Wahrheit in Collision kommen kann, als einen etwas verdächtigen Zeugen behandelt.

Finden wir in einem bekannten Kupferwerk, dass bei dem Mais von einem schaligen *Albumen* geredet wird, worunter die Spelzen (!) verstanden werden, dass bei *Epidendron elongatum* die Höhlung des angewachsenen Sporns der Lippe als Stylusröhre besprochen und aus der blinden Endung derselben auf die Unmöglichkeit des Herabsteigens der Pollenschläuche geschlossen wird, während gleichzeitig auf den wirklichen Styluscanal als auf etwas Merkwürdiges hingewiesen wird, dass von dem grossen *ovulum* von *Phaseolus* ein schiefer Durchschnitt mitgetheilt und deshalb alle Eihäute übersehen werden, so hat man gewiss das Recht, aus solchen groben Verstössen auf eine solche Leichtfertigkeit des Verfassers zu schliessen, dass ihm bei den so unendlich schwierigen Untersuchungen der Entstehung der Zelle und des Embryos, die bald darauf folgen, jede Stimmberechtigung abzusprechen ist.

Wo sich am leichtesten und sichersten die Lüge, d. h. die bewusste Unwahrheit nachweisen lässt, ist in den Zeichnungen, die Jemand liefert. In den Worten steht ihm immer die Entschuldigung unklarer Erinnerung, verlorner und verwechselter Notizen u. dergl., was ja

häufig wirklich eine unverwerfliche Entschuldigung für einen einzelnen Fall seyn kann, zur Seite; aber bei der Zeichnung fällt das Alles weg. Jede Zeichnung involvirt die Behauptung: „Das habe ich gesehen und nach der Natur copirt". Eine Zeichnung aus dem Gedächtniss anfertigen, ohne dieses Umstandes ausdrücklich zu erwähnen, ist schon eine entschiedene Unredlichkeit, weil man dadurch das Publicum inducirt. Bei der Anfertigung muss ich das Object neben mir haben und kann es wenn nöthig hundertmal mit der Zeichnung vergleichen und ändern, bis diese der Natur entspricht; zeichne ich also etwas was nicht vorhanden war (und gar etwas, was wie bei Herrn *Corda's* Arbeiten gradezu unmöglich ist), so kann ich mich von dem Vorwurf der wissentlichen Unwahrheit gar nicht befreien. Leider ist in neuerer Zeit dieses verächtliche Treiben gar sehr eingerissen, und ich habe schon anderwärts erwähnt, dass in *Nees v. Esenbeck's* *Genera plantarum* zwei Tafeln *Ceratophyllum* und *Scleranthus* auch solche wissentliche Unwahrheiten enthalten. Wer es aber mit der Wissenschaft ernstlich meint und sie nicht zum Tummelplatz der elendesten Eitelkeit und nichtswürdiger Geldmacherei herabgewürdigt sehen will, kann nicht streng und derb genug diesem Unwesen entgegentreten. Ich sage hier mit *Goethe:*

Auf groben Klotz ein grober Keil,
Auf einen Schelmen anderthalbe.

Aber so wenig man sich einer Seits dieser scharfen Beurtheilung eines Schriftstellers entziehen darf, so wenig darf man auf der andern Seite sich von dem Menschen für oder wider den Schriftsteller einnehmen lassen. Nicht Freundschaft für einen menschlich liebenswürdigen Charakter darf mich bewegen, deshalb seinen Worten ein grösseres Gewicht zuzugestehen, als ihnen zukommt, nicht Widerwille darf mich hinreissen, das Zeugniss eines mir unangenehmen Menschen gering zu schätzen oder auch nur mit Stillschweigen zu übergehen, wo die Wissenschaft ein Recht auf dasselbe hat. Am aller-

wenigsten aber darf ich mir herausnehmen, zur Beurtheilung einer wissenschaftlichen Leistung auf andere Thatsachen Rücksicht zu nehmen und sie zu veröffentlichen, als von dem Menschen selbst der öffentlichen Beurtheilung unterstellt sind. Nur in dem letztern liegt die eigentlich tadelnswerthe und unwürdige Persönlichkeit, indem ich einen andern Menschen vorführe als den, der sich öffentlich gezeigt, und zwar in der hinterlistigen Absicht, das Publicum eben durch die demselben verleidete Figur des Menschen zu einem parteiischen Urtheil gegen den Schriftsteller zu verführen [1]. Auch hier liessen sich leider Beispiele anführen; ich übergehe sie gern mit Stillschweigen.

Wahrhaft ekelhaft erscheint endlich auf der andern Seite die so oft sich zeigende Süsslichkeit und Katzenpfötigkeit, welche mit hochgeehrter, hochgelehrter Herr, mit Versicherungen unbedingter Achtung und Freundschaft herumwirft in demselben Satz, in welchem man mit der schonungslosesten Kritik dem Verfasser in den Thatsachen Unwahrheit, Oberflächlichkeit und Leichtsinn nachweist. Allmälig steckt dieses Liebe heuchelnde Gutheissen an und Niemand kann zween Herren dienen. Wer mit Menschen liebedienert, wird über kurz oder lang mit der Wahrheit brechen. Zuerst und vor Allem kann man von Jedem Gerechtigkeit verlangen, das *suum cuique*; wie will ich aber *Rob. Brown* das Seine zukommen lassen, wenn ich von Herrn *Corda* „dieser ausgezeichnete Forscher, dieser geistreiche Beobachter“ und dergleichen aussage? Mir wird wenigstens ordent-

1) „Jeder Tadel, den der Kunstrichter mit dem kritisirten Buche in der Hand gut machen kann, ist ihm erlaubt Aber sobald derselbe verräth, dass er von seinem Autor mehr weiss, als ihm die Schriften desselben sagen können, sobald er sich aus dieser nähern Kenntniss des geringsten nachtheiligen Zuges gegen ihn bedient: sogleich wird sein Tadel persönliche Beleidigung. Er hört auf Kunstrichter zu seyn und wird — das Verächtlichste was ein vernünftiges Geschöpf werden kann — Klätscher, Anschwärzer, Pasquillant“. — So der edle und geistreiche *Lessing* (Schriften. Berlin, 1826. Bd. 32, S. 171).

lich übel, wenn ich auf derselben Seite *Rob. Brown* und *Turpin* mit dem Ausdrucke *„ce savant auteur“* in dieselbe Classe geworfen sehe.

§. 8.

3) Beobachtung u. Experiment.

3) Ich wende mich aber nun zu dem wichtigsten Punct, nämlich wie Beobachtung und Experiment sich in ihrer Anwendung auf die Pflanze eigenthümlich modificiren und so zum wichtigsten Hülfsmittel für die Fortbildung der Wissenschaft werden. Natürlich sind diese Untersuchungen die speciellsten und müssen wesentlich aus der Natur des Objects hergenommen werden.

Ableitung specieller leitender Maximen

a) Entwickelungsgeschichte.

a) Es ist aber die Pflanze ein lebendiger Organismus, das heisst ein bestimmt angeordnetes System von körperlichen Theilen, in denen durch ein in regelmässiger Periodicität sich selbst erhaltendes Spiel von Kräften ein beständiger Abfluss veränderlicher Zustände bedingt wird. Sie besteht also gewissermassen aus drei Theilen, dem Thätigen der Gegenwart, den Ruinen der Vergangenheit und den Keimen der Zukunft, oder mit andern Worten, es giebt für jeden gegebenen Moment drei Betrachtungsweisen der Pflanze. Wir können sie einmal ansehen als das Resultat der vorangegangenen Veränderungen, als das Product einer lebendigen Thätigkeit, die aber jetzt nicht mehr existirt — zweitens können wir in derselben nur den Complex in lebendiger Wechselwirkung begriffener Kräfte annehmen und eine Verbindung auf einander wirkender Organe, die zu ihrer Erhaltung sich gegenseitig Zweck und Mittel sind — endlich drittens können wir die vorhandene Thätigkeit als nur in dem Bestreben begriffen auffassen, den gegenwärtigen Zustand aufzulösen und zu vernichten, um einen zukünftigen noch nicht vorhandenen vorzubereiten und herbeizuführen. Es ist aber für sich klar, dass jede einzelne dieser Betrachtungsweisen, und wenn sie noch so scharfsinnig und geistreich durchgeführt wird, nur

ein todtes, unbrauchbares Bruchstück geben kann, da uns zwei Drittheile des Lebens fehlen, dass sie daher um so sicherer auf Einseitigkeiten und Falschheiten führt, je consequenter sie verfolgt wird. Aber es ist eben so leicht einzusehen, dass von jenen drei Betrachtungsweisen in einem gegebenen Momente nur die zweite möglich ist, denn aus dem, was ist, lässt sich weder das was war, noch was seyn wird, ableiten, wenn wir nicht erst anderweitig das Gesetz des Fortschrittes gefunden haben. Wir können also überhaupt nie vollständige wissenschaftliche Einsicht in einen einzelnen gegebenen Zustand erlangen, wenn wir nicht seine Ableitung aus dem vorigen und damit erst seine Bedeutung erkennen. Diese Ableitung aus dem vorigen kann uns aber wiederum nur durch Einsicht in die Gesetzmässigkeit der Ableitung möglich werden, diese uns aber nur durch eine vollständige Vergleichung der ganzen Reihe wechselnder Zustände zur Erkenntniss kommen. Mit einem Wort: die einzige Möglichkeit, zu wissenschaftlicher Einsicht in der Botanik zu gelangen, und somit das einzige und unumgängliche methodische Hülfsmittel, welches aus der Natur des Gegenstandes sich von selbst ergiebt, ist das Studium der Entwickelungsgeschichte. Alle übrigen Bemühungen haben immer nur adminiculirenden, untergeordneten Werth und führen nie zu einem sichern Abschluss auch nur des unbedeutendsten Punctes. Nur die Entwickelungsgeschichte kann uns über die Pflanze das Verständniss eröffnen, ja selbst alle Anordnung der Pflanzen ist sicher nur möglich, nicht durch Vergleichung einzelner Zustände, sondern ihrer vollständigen Entwickelungsgeschichte.

Das ist eigentlich für sich so klar, dass man sich wahrlich wundern muss, dass man erst in der allerneusten Zeit anfängt es zu erkennen. Der Grund dieser langen Nacht beruht aber ohne Zweifel wieder auf der mangelhaften philosophischen Orientirung der Bearbeiter. Hätten sie die eigentliche Stellung und Bedeutung der

Botanik richtig erkannt, so würden sie niemals auf den thörigten Versuch gekommen seyn, das ewig Bewegte und Wechselnde aus einem einzelnen herausgerissenen Zustande begreifen zu wollen, während doch eben das eigentlich Wissenschaftliche in irgend einer Disciplin nur in dem Begreifen, in der Einsicht, nicht aber in dem blos gedächtnissmässig Aufzufassenden liegt. Ueber die Natur des Mondes wird uns noch so intensives Anstarren einer einzelnen Phase an bestimmter Stelle nicht aufklären; würde ein neuer Planet entdeckt, so bedarf der Astronom wenigstens die Beobachtung dreier verschiedener Zustände, um Einsicht in seine Natur zu gewinnen, und doch sind hier die Verhältnisse so einfach und das Gesetz, unter das sich das Object fügen muss, ist schon im Voraus bekannt. Bei der lebenden Pflanze aber, wo die Complicationen so unendlich viel verwickelter sind, wo das Gesetz erst gesucht werden soll, glaubt man mit der Beobachtung eines vereinzelt herausgerissenen Zustandes ausreichen zu können.

Fragen wir nur nach dem Urtheil, welches die Geschichte unserer Wissenschaft selbst in der blossen systematischen Bestimmung und Anordnung gesprochen hat, so erkennt man sogleich, wie man Schritt für Schritt der sich aufdringenden Wahrheit hat nachgeben müssen, ohne gleichwohl den Muth zu haben, das Princip mit einem Male rein anzuerkennen und als obersten Grundsatz an die Spitze der Wissenschaft zu stellen. *Linné* wollte Alles auf die Betrachtung der blühenden Pflanze beschränken und nahm nur ungern ausnahmsweise zur Frucht seine Zuflucht. Bald musste man die Frucht ganz mit aufnehmen, aber auch zu Saamen und Embryo greifen; neue Inconvenienzen, und man ging wieder auf Ovarium und Eichen zurück wegen Abort von Fächern und Eichen. Die Blüthe wies auf eine Knospe und die Lage der Blätter in derselben zurück. Aber ordentlich mit Unwillen scheint man diesen Forderungen der Natur nachgegeben zu haben und es ist auch in der That

mit diesem Flickwesen gar nicht viel genutzt und wir stehen Gottlob mit der Systematik jetzt fast so, dass man keine Pflanze mehr bestimmen kann, wenn man nicht die Originalexemplare neben sich hat. Jeder hat seine eigne Sprache, weil Jeder seine eigne Ansicht hat, die alle zusammen nichts taugen, weil keine wissenschaftlich begründet ist. Wir haben dickleibige Werke genug über Gräser, ja einzelne Forscher haben ihnen fast ihr ganzes Leben gewidmet; was wissen wir von ihnen? so gut wie gar nichts; begreifen wir ihren Bau? keineswegs. Nur das eminente Naturgenie *Rob. Brown* hat auch hier einen Meistergriff gethan und den rechten Weg angedeutet, den aber keiner seiner Nachfolger betreten hat; das hätte zu viel Mühe gekostet und statt eines dicken unbrauchbaren Bandes hätte man in derselben Zeit höchstens ein dünnes, aber freilich brauchbares Schriftchen liefern können. Vergleicht man neben einander liegend drei oder vier neuere Bearbeitungen der Cyperaceen, so muss dem, der sich nicht an die Ueberschrift hält, der nicht die ganze Quälerei des terminologischen Unsinns durchgemacht hat und die in Parenthesen freigebig mitgetheilten Synonyme zu Rathe zieht, nothwendig der Gedanke entstehen, die Verfasser sprächen von eben so vielen himmelweit verschiedenen Familien. Zu solchem haltungslosem Herumtappen und principlosem Hin- und Herrathen führt die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte unvermeidlich. Ich habe, seit ich zuerst meine Untersuchungen über *Secale cereale* bekannt machte, viele Gräser untersucht und überall dieselbe Regelmässigkeit in der Anlage, drei symmetrisch gebildete Staubfäden, drei damit alternirende *Lodiculae* (*corolla*) und damit alternirend d r e i [1])

1) Wehe aber gar den Pflanzen, wenn zu verkehrter Methode noch oberflächliche Anschauung kommt und die Grundlagen für die Beurtheilung noch mehr verwirrt. Ueberall findet man die *palea superior* bei *Oryza* als dreinervig beschrieben, weil man geglaubt hat, ein gekieltes Blatt müsse am Kiel auch einen Nerven haben; hätte man zugesehen,

paleae (calyx) gefunden; überall zeigen sich die *Glumae* ohne allen Zweifel als *Bracteae*, von denen bald die obere bald die untere keine Blüthe in ihrer Achsel hält. Ueberall sieht man die oberen Bracteen abortiren. Bei *Lolium* fehlen die den *Glumis* entsprechenden *Bracteae* ganz; die eine vorhandene gehört nicht als Blattorgan zur *rachis spiculae*, sondern zum *culmus* und trägt in ihrer Achsel die *Spicula*. Hier ist aber noch ein unendliches Feld der Untersuchung zu bearbeiten, welches durch Hin- und Herrathen nur noch ärger mit Unkraut bestreut wird, als ohnehin schon geschehen. Wie viel Papier ist nicht über die Bedeutung des *Utriculus* bei *Carex* verschrieben worden; hat wohl ein einziger Botaniker sich die Mühe genommen zuzusehen, wie er sich bildet? Mit dem Abortus ist gradezu der unsinnigste Missbrauch getrieben worden; aber hier, wo er sich kinderleicht nachweisen lässt, hat Niemand an ihn gedacht. Ueberall zeigen die *Carices* im frühesten Zustande ein gleichförmiges dreitheiliges *perianthicum*, zwei Theile davon verwachsen später zum *Utriculus* und der dritte ist noch lange inwendig zu erkennen, ehe er völlig verschwindet. Wahrscheinlich ist der *hamulus* bei *Uncinia* nichts als dieses dritte *phyllum*. Dergleichen kann man aber freilich nicht am Heu sehen, sondern nur aus dem Studium des einzigen wahrhaften Objects unserer Wissenschaft, an der in lebendiger Entwickelung begriffenen Pflanze lernen.

Ich habe schon oben S. 31 auf einen wesentlichen Unterschied in der lebendigen Entwickelung der Pflanzen und Thiere aufmerksam gemacht, nämlich auf den Mangel der *Adolescentia* bei den Pflanzen. Dies ist eben, was für uns noch bei weitem mehr als für den Zoologen das Studium der Entwickelungsgeschichte als erstes und einziges regulatives Princip an die Spitze

so würde man gefunden haben, dass *Oryza* so wenig abweicht, als irgend ein anderes Gras.

aller unserer Bestrebungen stellt. Die Pflanze ist überall nicht ein zu einer gegebenen Zeit fertiges, völlig entwickeltes Einzelwesen, sondern besteht nur aus einer stetigen Reihe sich auseinander entwickelnder Formen und Zustände. Diese Anschauungsweise ist die allein naturgemässe und richtige und jede andere vermag die wahre Natur der Pflanze nie zu fassen. Ehe dies nicht allgemein in der Botanik anerkannt wird, werden wir nicht aus dem trostlosen Zustande herauskommen, in welchem wir uns jetzt befinden.

Unter Studium der Entwickelungsgeschichte dürfen wir aber nicht ein unmethodisches Hineingreifen in frühere Zustände verstehen, wie das nur leider zu häufig geschieht. Die Regel, an die wir uns hier binden müssen, ist, dass wir im Allgemeinen von der Flüssigkeit an bis zur Form der Zelle und von dieser bis zur Zusammensetzung derselben zu Pflanze und Organ eine solche stetige Reihe von Zuständen beobachten, dass auch durchaus keine Lücke vorhanden ist, die möglicherweise einen einflussreichen Zustand bergen könnte und durch Vermuthungen auszufüllen wäre. Die ganze Reihe aller Mittelstufen muss sinnlich erfasst werden, dann erst haben wir eine sichere Grundlage für die Induction gewonnen, um die Gesetzmässigkeit der Veränderungen ableiten zu können. Jede dazwischen eintretende Lücke macht aber das ganze Resultat unsicher und man hat höchstens Beiträge für einen folgenden stetigen Beobachter gefunden. An diesem Fehler leiden die meisten Arbeiten *Meyen's*. So z. B. fehlen bei seinen Untersuchungen über *Viscum album* die Verfolgung des Verlaufs des Pollenschlauchs und die ganze Entwickelung des Embryobläschens zum Embryo [1]; *Mirbel* in seinen Untersuchungen über die Gräser [2] hat

1) *Meyen*, noch einige Worte über den Befruchtungsact und die Polyembryonie der Phanerogamen. Berlin, 1840.

2) *Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale; Voy.*

ebenfalls den Verlauf des Pollenschlauchs und die Entwickelung des Embryosacks von seinem ersten Erscheinen bis zum Vorhandenseyn eines schon ziemlich ausgebildeten Embryos übersprungen. Dadurch kam er zu dem Schluss, der Embryosack sey das Embryobläschen. Schon sechs Wochen nach Erscheinen seines Werks sah sich der wahrheitsliebende Mann gezwungen, sein Ableugnen des Embryosacks zurückzunehmen, und damit fällt seine ganze Arbeit als bedeutungslos zusammen, weil nun natürlich die Frage, auf die es hier allein ankommt, woher stammt der Embryo, wieder völlig unbeantwortet dasteht.

Diese völlige Stetigkeit der Entwickelungsreihe ist aber freilich nicht leicht zu erhalten, da es sich hier meistens um sehr kleine Gegenstände handelt, bei denen sich eine bestimmte Altersstufe im Voraus gar nicht erkennen lässt. In einem vieleiigen Ovarium z. B. finden sich leicht alle Zustände vom ersten Antreten des Pollenschlauchs bis zur Abschnürung des Embryobläschens neben einander vor, aber es hängt rein vom Zufall ab, ob ich die rechten Zustände alle treffe; ich finde vielleicht bei aller Mühe den einen Tag stets nur den letzten Zustand und muss am folgenden und vielleicht noch manche Tage meine Untersuchungen aufs Neue beginnen, bis ich die vollständige Reihe beisammen habe. Hier bleibt nun kein anderes Mittel übrig, als jede verschiedene Erscheinung durch den Bleistift zu fixiren, damit man nachher alle einzelnen Zustände neben einander legen und dann durch Vergleichung in ihrer Zeitfolge einordnen kann. Deshalb ist es aber auch so unerlässlich nothwendig, dass jeder Botaniker selbst zeichnen könne; wer das nicht kann, wird auch nie etwas von Belang liefern. Auch ist es gar nicht schwer, sich diese Fertigkeit zu erwerben, man braucht dazu kein Blumen-

Comptes rendus des Séances de l'académie des sciences, séance du 18 mars 1839.

maler wie *Redouté* zu seyn. Ein Zeichner, und wenn man ihn auch beständig neben sich sitzen lassen könnte, kann hier nie genügend aushelfen, weil er nie weiss, worauf es eigentlich ankommt, während das doch so wesentlichen Einfluss auf Brauchbarkeit und Richtigkeit der Zeichnung hat. Hat man auf diese Weise eine ganz stetige Reihe von Zuständen zusammengebracht, so hat man auf jeden Fall ein brauchbares, die Wissenschaft wesentlich förderndes Material geliefert. Die Benutzung desselben lässt sich aber freilich dann an keine weitern Regeln binden. Es wird hier zwar zunächst auf eine tüchtige logische und überhaupt philosophische Bildung, auf eine umfassende Kenntniss der Dinge, um die es sich handelt, und auf eine gute mathematisch-physikasche, unter Umständen auch chemische Vorbildung ankommen; aber die Hauptsache, die Vereinigung des Ganzen unter den Gesichtspunct eines Bildunsgesetzes, wird doch immer von dem glücklichen Griffe des Genies abhängen. Ein Punct, der hier wesentlich zu berücksichtigen seyn wird, ist folgender. Wir können unsere Verfolgung der Entwickelungsgeschichte wegen des nothwendigen Präparirens in den überwiegend meisten Fällen nicht an einem und demselben Individuum fortführen. Jeden anderen Zustand müssen wir gewöhnlich einem anderen Exemplare entnehmen, und da hat man sich sehr zu hüten, dass man nicht blos individuelle Abweichungen mit zwischen die wirklichen Entwickelungsstufen einschiebt; dadurch verwirrt man wenigstens Andern den Ueberblick, oft sich selbst. Ich möchte hier beispielsweise *Mohl's* Entwickelung der Sporen bei *Anthoceros laevis* [1]) anführen, wo der gründliche *Mohl*, wie ich glaube, eher zu viel als zu wenig mitgetheilt hat; mir scheinen nach der Analogie mit ähnlichen Entwickelungen, z. B. der Pollenkörner bei der *Oenothera elata* u. a., hier gar viele blos zufällige Verschieden-

1) *Linnaea*, Bd. 13, S. 273.

heiten als Entwickelungsstufen aufgeführt zu seyn, abgesehen davon, dass hier wahrscheinlich die Circulation übersehen und die Strömchen z. B. Taf. V Fig. 9—20 zu festen Stäbchen oder Scheidewänden geworden sind. Dagegen scheint der in Fig. 1, 3, 10, 14, 15, 17—19, 21 und 22 deutlich vorhandene Cytoblast in den dazwischen liegenden Nummern nicht beachtet zu seyn, weil er wahrscheinlich auf der andern Seite der Zelle unter dem dichteren Schleim sich verbarg. So bleiben, wie mir scheint, nur 1, 4, 5, 20, 22—29 als wirkliche Entwickelungsstufen übrig.

Die Entwicklungsgeschichte, wie ich hier ihre Aufgabe gestellt, ist aber nicht allein ein regulatives Princip, eine blos methodische Maxime, sondern sie ist zugleich die eigentliche heuristische Maxime in der Botanik. Es ist wie die einzige so die reichste Quelle für neue Entdeckungen und wird es noch für lange Zeit bleiben. Kaum ist noch ein einziges Organ, oder eine einzige Pflanze so vollständig, wie es die Wissenschaft erfordert, in ihrer ganzen individuellen Entwickelung verfolgt worden, und man kann getrost zugreifen, wo man will, und sicher seyn, dass man bei treuer, redlicher und stetiger Beobachtung einen Schatz neuer Thatsachen und meist auch neue Gesetze zu Tage fördert, während das sogenannte Speculiren über halb unbekannte, halb missverstandene Thatsachen, wie wir es namentlich bei der Schelling'schen Schule finden, die Wissenschaft mit einem Wust unbrauchbaren Geschwätzes verwirrt und man höchstens den Erfolg hat, von einigen unklaren, unphilosophischen Köpfen eine Zeitlang angestaunt zu werden, bis die gesund sich entwickelnde Wissenschaft über kurz oder lang die *materia peccans* auswirft und das närrische Zeug in die grosse Polterkammer menschlicher Thorheiten kommt.

b) Selbstständigkeit der Pflanzenzellen.

b) Ich habe die Entwickelungsgeschichte obenan gestellt, weil ich die Morphologie, für welche sie die Grundlage liefert, für das eigentlich charakteristische

Moment in der Botanik halten muss (vergl. oben S. 36); indess ist auch schon erwähnt worden, dass es auch neben der Gestaltung immer unsere Aufgabe bleibt, die in den chemisch-physikalischen Processen in Folge des Gestaltungsprocesses eintretenden Modificationen, also mit einem Wort das Leben der Pflanze zu erforschen. Auch hier bedürfen wir der Beobachtung und des Experiments, auch hier gewinnen diese ihre eigenthümliche Bedeutung erst durch ein aus der Natur des Objects hergenommenes methodisches Regulativ. Folgende Sätze können wir hier als unbestreitbar voraussetzen:

1) Die einfachsten, aber doch vollkommenen Pflanzen bestehen nur aus einer einzigen Zelle, z. B. *Protococcus.*

2) Die anderen Pflanzen sind wesentlich ganz aus einzelnen Zellen zusammengesetzt.

3) Bei den Kryptogamen ist es eine einzelle Zelle (Spore), die wenigstens bei Algen nnd Pilzen nackt (nicht mit einem eigenthümlichen Stoff überzogen) ist, aus welcher sich die neue Pflanze ohne Zuthun eines andern als der gewöhnlichen physikalischen Einflüsse entwickelt, also liegt das Gesammtleben der Pflanze *implicite* hier schon in der einzelnen Zelle.

4) Bei vielen Moosen trennt sich eine als einzeln erkennbare Zelle aus dem Zusammenhang und entwickelt sich selbstständig zu einer neuen Pflanze, z. B. bei *Gymnocephalus androgynus, Marchantia polymorpha.*

5) Dem analog können regelwidrig eine oder mehrere Zellen auch bei höheren Pflanzen aus dem Zusammenhang eines Blattes treten, für sich ein gesondertes Leben anfangen und zu einer neuen Pflanze erwachsen, z. B. *Malaxis* und *Ornithogalum.*

Auf diese Weise lässt sich nun schon vollkommen der Schluss begründen, dass im Wesentlichen das Leben der Pflanze im Leben der Zelle enthalten seyn muss, und selbst im Zusammenhang mit der ganzen Pflanze nie so ganz untergeordnet wird, dass es nicht unter

begünstigenden Umständen wieder als ganz selbstständig hervortreten könnte; dass wir daher den vollständigen, aber einfachsten und daher verständlichsten Ausdruck des ganzen Pflanzenlebens in dem Leben der einzelnen Zelle suchen und finden müssen, dass wir das Leben der ganzen Pflanze nur als eine Modification, gleichsam als eine höhere Potenz des Zellenlebens, anzusehen haben und daher jenes natürlich nie verstehen lernen können, ehe wir nicht dieses vollständig in die Gewalt unserer wissenschaftlichen Einsicht gebracht haben. Wenn wir es dahin gebracht haben, so müssen wir Alles vom Lebensprocess der ganzen Pflanze abziehen, was sich dann aus dem Leben der einzelnen Zelle schon ohnehin erklärt und etwa nur dadurch modificirt erscheint, dass in der ganzen Pflanze viele Zellen nebeneinander leben und dadurch mehr oder weniger aufeinander einwirken. Erst was sich nicht aus dem Zusammentreffen der Vitalitätsäusserungen der einzelnen Zellen erklären lässt, dürfen wir dann als einen eigenthümlichen Lebensact der ganzen Pflanze als solcher ansprechen und dafür aufs Neue nach eignen Erklärungsgründen suchen.

Hier liegt nun eben in der Vernachlässigung dieses Regulativs der Grundfehler, der unsere ganze jetzige Pflanzenphysiologie zu einem bis auf wenige Einzelheiten so völlig unbrauchbaren Gemenge gemacht hat, worüber sich Herr *Liebig* [1]) mit Recht bitter beklagt, obwohl er bei der gänzlichen Unwissenheit in diesem Zweige der Wissenschaft, die er auf jeder Seite beurkundet, eben nichts Gescheutes an die Stelle zu setzen weiss [2]).

1) Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig, 1840.

2) Herr *Reum* mag ein guter Forstmann gewesen seyn, für einen Pflanzenphysiologen hat ihn gewiss kein Botaniker gehalten, und nur wer so ganz urtheils- und kenntnisslos in diesem Fache ist wie Herr *Liebig*, kann ihn als Typus der neueren Pflanzenphysiologie auf-

Fast unsere ganze Physiologie besteht in einem unklaren Hin- und Herreden über die Functionen ganzer Organe und ganzer Pflanzen, aus dem gar nichts zu machen ist, weil es an aller Grundlage fehlt, von welcher man ausgehen könnte. Alle die endlosen Versuche, Abhandlungen und Streitigkeiten über die Ernährung der Pflanzen, über den Athmungsprocess u. s. w. sind sammt und sonders für die Vergessenheit geschrieben, weil alle sich mit ihren Fragen an die ganze Pflanze wenden, ehe sie wissen, wie es mit der einzelnen Zelle steht. Ich dächte es wäre aber von selbst klar, dass

führen. Auch bei dieser Gelegenheit zeigt Herr *Liebig* (Organ. Chemie S. 32 ff.) wieder schlagend, wie roh und unbeholfen seine naturwissenschaftlichen Ansichten im Allgemeinen sind und wie wenig von dem Wesen der Physiologie er ahnt. Er verwirft die Experimente im Kleinen und meint es sey genug, einen ganzen Wald oder eine Wiese nebst Luft und Wasser zu betrachten (wobei er freilich fortwährend alle seine Sätze durch den „Ballast von [*de Saussure's*] nichtsbedeutenden aufs Gerade-(*sic*) wohl gemachten Versuchen" begründet). Bei solchen *en gros* Handel mit der Natur erfahre ich wohl, was so in Bausch und Bogen das Resultat des Pflanzenlebens ist, und insofern hat die Sache ihren Werth für die Naturgeschichte der Erde, auch kann ich daher recht gute Fingerzeige erhalten; wie aber der Process im Einzelnen wirklich vor sich geht, auf welchen Gesetzen das Leben der einzelnen Pflanze in ihren einzelnen Theilen beruht, worauf es in der Physiologie allein ankommt, das erfahre ich nur durch gut geleitete Experimente am allereinfachsten Falle. Ueberhaupt kommt Herr *Liebig* grade hier, wo er über Experimentiren spricht, zu allerlei lächerlichen Widersprüchen, weil es ihm eben nicht um die Wahrheit (a. a. O. S. 37), sondern nur um Geltendmachung seines Ich gegen *Meyen* (den er unter „allen Pflanzenphysiologen" versteht, z. B. S. 37 l. Z. „Sie" S. 29 „die meisten Pflanzenphysiologen") zu thun zu seyn scheint. S. 24 meint Herr *Liebig*, dass alle Pflanzenphysiologen die Assimilation des Kohlenstoffs der Atmosphäre in Zweifel ziehen, S. 31 meint er dagegen, die Sache sey schon alt und führt *Sennebier*, *Ingenhouss* u. A. an; waren das etwa keine Physiologen? Hier (S. 36) sollen die Physiologen die Kunst des Experimentirens nicht verstehen, weil man diese freilich nur in chemischen Laboratorien lernen könne (eine abgeschmacktere Arroganz kann es nicht geben); dort (S. 37 ff.) findet er es lächerlich, dass sie sich mit so vielen Experimenten quälen, weil man an einem Walde, einer Wiese die Sache besser lerne. Hier (S. 41) lässt er durch das Experiment eine Thatsache beweisen, dort (S. 42) ist es für die Entscheidung irgend einer Frage völlig bedeutungslos. Die Versuche werden als unsinnig lächerlich gemacht, aber vergessen, dass Chemiker wie *de Saussure*, *Davy* u. A. dieselben angestellt. Wenn Herr *Liebig* für wissenschaftliche Leser schreiben will, so mag er erst seinen Stoff durchdenken und nicht so ins Gelag hineinschreiben.

die in einzelnen Zellen vor sich gehenden chemischen Processe gewaltig verschiedene Resultate geben müssen, wenn wie bei *Cactus* viel Oxalsäure, oder bei Nadelhölzern viel Harz, oder bei einer Labiate viel ätherisches Oel, oder bei einer Knolle viel Stärkemehl gebildet wird, wenn die Polarpflanze Monate lang dem nie getrübten Sonnenlichte ausgesetzt ist, während bei der nah verwandten Tropenform Licht und Dunkel in regelmässiger zwölfstündiger Periode welchseln. Alle hier einschlagenden Versuche müssen ohne alle Berücksichtigung der früheren plumpen Experimente ganz von vorn angefangen werden und zwar an Pflanzen wie ***Protococcus, Spirogyra, Chara*** u. s. w., wo man es nur mit einer oder wenigen Zellen, die schon von Natur im Wasser leben, zu thun hat und bei denen man daher bei der grössten Erleichterung in den Versuchen die sichersten und einfachsten Resultate zu gewinnen hoffen darf.

Es ist aber schon früher bemerkt worden, dass wir so lange noch gar nichts im Leben der Pflanze erklärt haben, so lange wir nicht die physikalischen oder chemischen Vorgänge nachgewiesen haben, auf denen dasselbe beruht. Und grade hierfür ist es nun unerlässlich nothwendig, dass wir unsere Untersuchungen bei dem einfachsten Fall der einzelnen Zelle beginnen. Dass wir bei der grossen Complication der meisten chemisch-physikalischen Erscheinungen niemals ins Klare kommen werden, wenn wir hier die Sache von hinten anfangen, ist wohl von selbst klar. Dafür muss aber noch Alles geschehen, und nirgends ist es lächerlicher, ein System aufzustellen, als in der Pflanzenphysiologie, wo wir noch kaum den Eingang in die Wissenschaft, geschweige denn ihre Principien und Grundbegriffe gefunden haben. Auch hier ergiebt eine genaue Prüfung des vorhandenen Materials, dass wir kaum an einigen unbedeutenden Puncten die Grundlage für eine empirische Induction gewonnen haben, also noch viel arbeiten müssen, wenn

unsere Enkel vielleicht in den Stand gesetzt seyn sollen, die ersten Schritte in der Wissenschaft zu machen.

§. 9.

c) Gebrauch des Mikroskops. Nothwendigkeit desselben.

c) Ich will endlich noch einen dritten Punct etwas ausführlicher erörtern, auf welchen zum grossen Theil wenigstens die Möglichkeit des Studiums der Entwickelungsgeschichte und des Zellenlebens beruht, ich meine das Mikroskop. Es ist nach den Resultaten der letzten 30 Jahre auffallend, dass es nicht schon lange allgemein anerkannt ist, dass Niemand etwas irgend Brauchbares in der Botanik leisten kann, ohne ein gutes Mikroskop zu besitzen und mit dem Gebrauch dieses Instrumentes völlig vertraut zu seyn. Ihm bliebe nichts, als das Zusammentragen eines unverstandenen und auch nur höchst oberflächlich zu beschreibenden Materials, worin gar keine ächte wissenschaftliche Thätigkeit enthalten ist. Für den Nichtbesitz und Nichtgebrauch eines solchen Instrumentes giebt es auch durchaus gar keine Entschuldigung.

„Der Mann, der recht zu wirken denkt,
Muss auf das beste Werkzeug halten".

Dass wenigstens ohne Studium der Entwickelungsgeschichte sich gar keine Wissenschaft der Botanik denken lässt, glaube ich gezeigt zu haben, und dieses ist nur durch das Mikroskop möglich. Was würde man einem Schreiner antworten, der unbeholfenes und völlig unbrauchbares Geräth lieferte und sich damit entschuldigen wollte, es fehle ihm an Hobel und Säge? „Mein Freund, werde in Gottes Namen Schuhputzer oder was du sonst willst, Schreiner aber kannst du so nicht seyn und nie werden". *Fiat applicatio.* Im Ganzen aber sind es auch wohl nur noch Wenige, die ohne dieses unentbehrlichste Handwerksgeräth sich einbilden, etwas leisten zu können. Bei den meisten Botanikern wird man ein mehr oder weniger gutes Instrument finden.

Aber viel allgemeiner fehlt es noch an der Kenntniss des richtigen Gebrauchs dieses Werkzeugs, an der richtigen Würdigung der damit gewonnenen Resultate und an der Einsicht über den sehr verschiedenen Werth der Mikroskope und dessen Einflusses auf seine Brauchbarkeit. In letzterer Beziehung ist gewöhnlich Mangel an physikalischen Kenntnissen der Grund und in dieser Beziehung muss ich auf physikalische Handbücher verweisen; hier kann ich nur andeuten. In den beiden andern Beziehungen will ich hier einige Ausführungen versuchen, da es uns gänzlich an einer Anweisung zum Gebrauch des Mikroskops fehlt [1]. Bei diesem Mangel an Vorarbeiten bin ich fast gänzlich auf meine eignen Erfahrungen hingewiesen, und dieses mag die Mangelhaftigkeit des Folgenden entschuldigen, aber auch zugleich dazu auffordern, dass tüchtige mikroskopische Beobachter ihre Erfahrungen veröffentlichen, damit dieser wich-

1) Dr. *A. Moser*, Anleitung zum Gebrauche des Mikroskops. Berlin, 1839 enthält S. 1—27 oberflächliche Excerpte über die physikalische Grundlage, die Einrichtung, Bestimmung der Vergrösserung des Mikroskops und Mikrometrie, wie man es in jedem Handbuche der Physik besser findet; S. 27—40 sind einige Excerpte über Beleuchtung und eine von *Weber* aufgedeckte Täuschung mitgetheilt; S. 41—45 wird auf fünf Seiten höchst oberflächlich die Behandlung und Zubereitung der zu beobachtenden Gegenstände; S. 45—48 der mikrotomische Quetscher von *Purkinje* besprochen, dann folgen S. 48—163 gar nicht hierher gehörige völlig unbrauchbare Excerpte aus Botanik, Zoologie, Chemie und Physiologie, insofern sie mit mit dem Mikroskop erlangte Resultate enthalten. Das ganze Buch enthält auch nicht eine einzige brauchbare eigne Notiz. — *Charles Chevalier des Microscopes et de leur usages. Paris, 1839* enthält nur die physikalischen Grundlagen, einige historische Notizen und eine Beschreibung der von ihm gelieferten Instrumente. Endlich die englischen Werke von *Pritchard* (*microscopic cabinet*) und andere enthalten neben Beschreibungen neuer äusserer Einrichtungen einige oberflächliche Darstellungen kleiner Thierchen und nur hin und wieder eine gute Bemerkung, aber auch viel Falsches, z B. in dem genannten die Angabe eigenthümlicher Schuppen bei *Pieris Brassicae*, die gar nicht auf diesem Schmetterling vorkommen, wohl aber auf *Papilio Alexis* und andern Bläulingen. Dr. *Goring* hat sich wahrscheinlich durch einen schlecht abgewischten Objectträger täuschen lassen. Das Werk von Dr. *J. Vogel*, Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops u. s. w. Leipzig, 1841 kam mir leider zu spät zu Gesicht, um noch hier benutzt zu werden. Eine flüchtige Durchsicht zeigte mir nichts Eigenthümliches und Neues, aber eine recht gute Compilation.

tige Zweig unserer Kenntnisse besser als bisher angebaut werde.

Das Sehen im Allgemeinen.

Nichts wird dem Menschen schwerer, als ein Gut in seinem ganzen Umfange und in allen seinen Folgen richtig zu erkennen und zu würdigen, in dessen ungestörtem Besitz er sich von Jugend auf befunden hat. So ist es mit dem Auge, mit dem Sehen. Wir nehmen die ganze Welt der Anschauungen, wie sie uns durch diesen wunderbaren Sinn eingeleitet wird, so ganz unbefangen hin, ohne uns im Geringsten darüber zu verständigen, wie viel oder wie wenig von der Gesammtmasse unserer Erkenntnisse wir diesem Sinne verdanken; ja wenn wir einmal anfangen, hier ordnen und abtheilen zu wollen, so schieben wir meist einen viel zu grossen Theil auf die Seite des Sinnes, weil wir ihm auch alles das zuschreiben, was durch ihn zwar veranlasst und eingeleitet wurde, aber doch nicht von ihm allein uns gegeben ist. Welch ein grosser Antheil von dem, was wir im gewöhnlichen Leben sehen nennen, nicht dem physiologischen Process, sondern einer hinzutretenden psychischen Thätigkeit angehört, wird von den Wenigsten unterschieden. Eben so wenig scharf sind die Unterscheidungen zwischen den physiologischen und physikalischen Bedingungen des Sehens, und gleichwohl ist es klar, das wir hier streng sondern müssen, wenn wir die Gültigkeit der mit dem Gesichtssinn aufgefassten Thatsachen beurtheilen, die Quellen etwaiger Irrthümer finden wollen. „Für die Kenntniss der Natur ist der Mensch ein Zögling des Auges. Nur das Sehen führt uns über die Oberfläche der Erde hinaus zu den Gestirnen, und auch auf der Erde führt dieser Sinn uns die meisten Anschauungen aus den grössten Entfernungen mit der grössten Leichtigkeit der Auffassung zu. Sehend allein vermögen wir die Gegenstände aus der Entfernung mit bestimmter räumlicher Unterordnung zu erkennen. Der Sehende fasst das ganze Leben der Natur durch Licht und Farbe; das Auge ist

unser Weltsinn" [1]). Aber seine Welt ist auch nur allein die Welt des Lichtes und der Farben. Jedem Sinnesnerven kommt eine specifische Empfänglichkeit zu, oder vielleicht richtiger ausgedrückt eine Kraft, seinen Zustand der Reizung unter einer ganz bestimmten Form im Sensorio zum Bewusstseyn zu bringen. Den elektrischen Strom fühlen wir in den Fingern, wir schmecken ihn auf der Zunge, hören ihn im Ohr, sehen ihn im Auge. Licht und Farbe kommt uns zum Bewusstseyn, mag das Auge nun vom andrängenden Blute berührt, vom Finger gedrückt, vom galvanischen Strom getroffen, oder von den Wellen des Aethers erschüttert werden. Ja selbst die vom Gehirn aus durch Fieberphantasien oder Traumbilder auf den Augennerven fortgepflanzten Schwingungen treten uns als äusseres Licht, als äussere Farbenerscheinungen entgegen. So ist die allgemeinste Grundlage für die Theorie des Sehens, dass jeder Zustand der Reizung der Sehnerven uns als Licht, der Zustand der Ruhe aber als Dunkel, wie wir es nennen schwarz erscheint. Unter den verschiedenen Zuständen der Reizung geben sich aber noch bestimmte Unterschiede kund, indem sie sich einmal quantitativ nach allen Abstufungen zwischen Schwarz durch das Grau zum Weiss oder zum Lichte, das anderemal nach qualitativen Unterschieden nach den verschiedenen Phasen des Farbenkreises abstufen. Für die einfache Empfindung einer bestimmten Intensität des Lichtes oder einer einzelnen Farbe würde nun offenbar eine einzelne der Reizung ausgesetzte Nervenfaser genügen, und so finden wir es wahrscheinlich bei einigen niedern Thieren, nicht aber wenn wir neben einander gleichzeitig bestimmt unterschiedene Lichtintensitäten oder verschiedene Farbenerscheinungen auffassen sollen. Hierzu bedarf es einer Fläche, auf der die einzelnen verschieden

1) *Fries*, Handbuch der psychischen Anthropologie. Jena, 1820. S. 114.

erleuchteten oder gefärbten Puncte neben einander geordnet, das heisst als Bild erscheinen können, und ist ferner eine gesonderte Fortbildung der Reizung jedes einzelnen Punctes und eine Repräsentation desselben im Gehirn nöthig, damit uns das Bild als solches, d. h. nach seiner Nebenordnung verschieden erleuchteter und gefärbter Puncte zum Bewusstseyn komme. Hierauf beruht nun der Bau des Auges bei den höheren Thieren und dem Menschen. Wir finden hier einen Bündel von Nervenfasern, dessen Endungen an einer bestimmten Stelle in eine Fläche und zwar in eine hohle Kugelfläche neben einander geordnet sind. Man pflegt diese flächenförmige Ausbreitung die Netzhaut, *tunica retina*, und die einzelnen Endungen der Nervenfasern Netzhautpapillen zu nennen. *E. H. Weber* in Leipzig hat nach genauen Messungen den Durchmesser dieser Papillen zu $^1/_{8000}$ bis $^1/_{8400}$ P. Z. bestimmt. Nun werden durchschnittlich zwei Puncte nicht mehr als gesondert vom Menschen unterschieden, wenn der Gesichtswinkel, d. h. der Winkel, den zwei Linien vom Mittelpuncte des Auges nach den beiden Puncten gezogen mit einander machen, kleiner als 40″ ist. *Smith* hat aus dieser Thatsache berechnet, dass zwei Eindrücke auf die Netzhaut nicht mehr als gesondert empfunden werden, wenn ihre Entfernung von einander auf der Netzhaut weniger als $^1/_{8000}$ P. Z. beträgt, was merkwürdig genau mit den Weber'schen Messungen übereinstimmt. *Treviranus, Baer* und *Volkmann* haben zwar dieses Resultat in Zweifel ziehen wollen aus Versuchen, die ergeben, dass man Gegenstände z. B. schwarze Puncte auf einer weissen Tafel noch aus Entfernungen erkennen könne, bei denen der Gesichtswinkel kleiner sey als 40″. Indess ist offenbar, dass das die Sache gar nicht trifft. Dass die Nervenpapille einen Eindruck fortpflanzt und zum Bewusstseyn bringt, der nicht ihre ganze Oberfläche trifft, ist daraus allerdings ersichtlich, aber nicht dass sie auch im Stande sey, zwei verschiedene Eindrücke als gesondert fort-

zupflanzen, wenn sie von beiden gleichzeitig getroffen wird. Es folgt vielmehr aus den Weber'schen Messungen und Smith'schen Berechnungen unmittelbar, dass jede einzelne Papille nur einen einzelnen Punct des Bildes repräsentirt.

„Sehen wir nun rein körperlich auf das, was zum eigenthümlichen Reiz der Sehnerven dient (wir lassen natürlich hier die subjectiven Lichterscheinungen, deren wir oben erwähnt, bei Seite), so verschwindet uns plötzlich der ganze Glanz des Lichtlebens und es bleibt nur ein Spiel von Bewegungen einer uns noch unbekannten Alles erfüllenden Materie, des Aethers, deren Gesetze die optischen Wissenschaften berechnen" [1]). Das glänzende Schauspiel des Regenbogens, die prachtvolle Farbe des Schmetterlings ist nichts als das regelmässige und einförmige Anschlagen bestimmter Wellen einer farblosen gleichgültigen Flüssigkeit, des Aethers, an unsere Augennerven.

Ich muss hier die allgemeinen physikalischen Bedingungen des Sehens, insofern sie auf dem gradlinigen Fortschreiten der Lichtwellen, auf der allseitigen Verbreitung des zerstreuten oder unregelmässig reflectirten Lichtes, auf Brechungsgesetzen beim Durchgang durch verschiedene Medien und der darauf beruhenden Möglichkeit, dass alle selbstleuchtenden Puncte gesondert und neben einander in derselben Ordnung repräsentirt, hinter dem optischen Apparat des Auges auf der Retina erscheinen, hier als aus der Physik bekannt voraussetzen [2]).

Sollen wir durch Beobachtung zu irgend einem sichern Resultat kommen, so ist es durchaus nöthig, dass wir uns das ganze Experiment in alle seine einzelnen Theile zerlegen, grade wie es der Mechaniker

1) *Fries*, psychische Anthropologie I, 115.

2) Man vergleiche hierüber die classische Darstellung in *Joh. Müller's* Physiologie Bd. II. S. 276 bis 300.

macht, wenn er die Fehler einer Maschine kennen lernen will, und dass wir dann bei jedem einzelnen Theil die eigenthümliche Sphäre des Irrthums bestimmen. Nur auf diese Weise können wir dahin gelangen, auch den möglichen Irrthum unserer Berechnung unterwerfen und somit aus den gewonnenen Resultaten eliminiren zu lernen. Die Betrachtung der physikalischen Bedingungen des Sehens geben uns nur nach bestimmten Gesetzen vor sich gehende Schwingungen des Aethers. Diese treffen an bestimmte Stellen der Netzhaut, d. h. an die einzelnen Endungen der Fasern des Sehnerven. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, dass diese durch den Stoss der Aetherwellen bewirkte Reizung auf das Gehirn fortgepflanzt und dort empfunden werde; der physiologische Theil des Sehens zeigt sich uns aber hier so, dass Stösse auf die Nervenenden nicht als solche, sondern als Licht oder Farbe zum Bewusstseyn gebracht werden. Der Sinn kann aber dem Bewusstseyn nichts überliefern, als was er empfangen, nur modificirt durch die eigenthümliche Art seiner Fortpflanzungsfähigkeit. Was er also dem Sensorio überliefert, ist nicht Körper und Gestalt, sondern der Eindruck vieler nach verschiedenen Farben und verschiedenen Abstufungen von Hell und Dunkel verschiedener Puncte im Raume, welche die mathematische Anschauung wegen Unbestimmtheit der Entfernungen zunächst auf eine Fläche bezieht. Das ist aber auch Alles, was wir unmittelbar und ausschliesslich durch den Sinn empfangen können. Alles Uebrige, was wir gemeiniglich mit zum Sehen rechnen, ist Thätigkeit unserer Seele, und wie hier der Uebergang vom Körper auf den Geist vermittelt wird, ist der Möglichkeit einer Erklärung bis jetzt noch so weit entrückt, dass nur Träumer und unklare Köpfe versuchen können, diese Lücke durch Hypothesen ausfüllen zu wollen.

Was hier nun zuerst uns als ein wunderbares Räthsel, als eine nicht zu erklärende, sondern nur als gegeben aufzufassende Thatsache entgegentritt, ist, dass wir

uns der durch physikalische Einflüsse hervorgerufenen physiologischen Zustände unserer Sinnesnerven und hier besonders des Auges zunächst gar nicht bewusst werden, sondern dass wir diese Zustände sogleich und unmittelbar als ausser uns liegende Objecte auffassen und sie auf solche Objecte beziehen. Am deutlichsten zeigt sich dies bei den rein subjectiven Lichtempfindungen. Wenn wir z. B. durch Druck auf das geschlossene Auge leuchtende Ringe erscheinen lassen, so scheinen uns dieselben vor unserm Auge als Gegenstände der Anschauung zu stehen. Wir fassen unmittelbar anschaulich einen vor uns in der Dunkelheit sich zeigenden Lichtkreis auf. Alle Veränderungen im Zustande unserer Sinnesnerven (selbst die durch eine Krankheit hervorgerufenen) werden von uns unmittelbar als äussere Erscheinungen im Raum erkannt. Dies ist ein Grundphänomen in unserer Seele, welches keiner weitern Construction und Erklärung fähig ist.

Somit ergiebt sich uns für den Gesichtssinn, dass wir das uns durch denselben Ueberlieferte unmittelbar als ausser uns und vor uns liegende, verschieden gefärbte und beleuchtete Puncte auffassen. Dass wir aber nach den drei Dimensionen des Raumes neben einander geordnete Gestalten zu sehen glauben, ist erst eine ziemlich complicirte geistige Thätigkeit, indem wir nur die uns durch die verschiedenen Sinne zugeführten Eindrücke, so wie die verschiedenen Eindrücke, die derselbe Sinn empfängt, in mathematischer Anschauung durch die productive Einbildungskraft vereinigen und zu einer Weltanschauung construiren. Die richtige Würdigung dieses Verhältnisses finden wir zuerst und allein bei unserem grossen *Fries* in seiner Anthropologie und seiner Kritik der reinen Vernunft, ganz besonders aber in der eben so geistreichen als gründlichen Abhandlung: über den optischen Mittelpunct im menschlichen Auge nebst allgemeinen Bemerkungen über die Theorie des Sehens. Jena, 1839. Darauf muss ich auch hier verweisen, da

mich die Ausführung dieses Moments hier zu weit führen würde. Nur einzelne Puncte muss ich hier hervorheben. Dass wir zunächst die Gegenstände des Gesichtssinns nur als gefärbte Fläche auffassen, zeigt uns die Erfahrung an Kindern und operirten Blindgebornen, die nach dem Mond greifen, also keinen Begriff von Entfernung haben. Der Begriff der Entfernung ist erst das Resultat eines mathematischen Urtheils. Für die einfachsten Fälle müssen wir hier die Bedingungen genau betrachten. Wir fassen, wie gesagt, das Bild auf der Netzhaut unmittelbar als ausser uns liegende erleuchtete Puncte und dann zunächst als Fläche auf. Die von den verschiedenen Puncten dieser Fläche nach unserm Auge gezogenen Linien bilden unter sich Winkel, und diese Winkel, Richtungsverschiedenheiten, zunächst sind es, die wir auffassen. Dass diesen Winkeln aber ganz verschiedene Entfernungen der leuchtenden Puncte von einander entsprechen können nach der verschiedenen Entfernung der leuchtenden Puncte vom Auge, ist klar. Alle relativen Grössenbestimmungen müssen wir uns also erst mathematisch construiren, wofür der erste Anhaltspunct allerdings die Grösse des Gesichtswinkels ist. Das zweite Element wäre hier die Entfernung; aber auch diese kommt uns nur durch Vergleichung vieler Eindrücke unter einander allmälig zum Bewusstseyn, und hier ist ebenfalls die einfache Grundlage der Gesichtswinkel, indem wir das unter kleinerem Gesichtswinkel Erscheinende im Allgemeinen ferner setzen, dann aber noch die Deutlichkeit hinzunehmen, indem wir bald fühlen, dass unser Auge, durch die dazwischenliegenden Luftschichten in seiner Empfindlichkeit beschränkt, nähere Gegenstände deutlicher sieht als ferne. Betrachten wir hierfür aber die physikalischen Bedingungen des Sehens, so zeigt sich uns, dass es in Hinsicht der Nähe ein Minimum geben muss, innerhalb welcher Gränze ein deutliches Sehen unmöglich wird, weil das Bild des leuchtenden Punctes hinter die Netzhaut fällt.

Grössenbestimmung durchs Auge.

Trennen wir nun alle übrigen Momente, die unsere Beurtheilung der Körperlichkeit der Gegenstände leiten, ab, so bleibt uns als Resultat stehen, bei gleicher Deutlichkeit der Bilder bestimmen wir ihre relative Grösse nach dem Gesichtswinkel, oder bei gleichem Gesichtswinkel nach der Deutlichkeit. Um einen Gegenstand grösser erscheinen zu lassen, brauchen wir ihn also nur dem Auge immer mehr zu nähern; dadurch werden die Gesichtswinkel vergrössert und die einzelnen Puncte des Körpers rücken weiter auseinander, d. h. wir unterscheiden an demselben Gegenstande mehr Puncte, als vorher möglich war, da, wie oben bemerkt, zwei Puncte, die einen Gesichtswinkel unter 40″ bilden, nicht mehr als gesonderte unterschieden werden. Nun ist aber hier eine Gränze gegeben durch die lichtbrechenden Mittel unseres Auges, eine Gränze, die im Mittel 8″ beträgt. Nähere Gegenstände werden nicht mehr völlig deutlich gesehen, weil die von einem Puncte ausgehenden Strahlen zu sehr divergiren, um noch auf der Netzhaut in einen Punct vereinigt zu werden. Es ist aber bekannt, dass Strahlen, die aus dem Brennpunct einer Linse divergirend ausgehen, nach ihrem Durchgang durch dieselbe parallel werden. Es ist ferner bekannt, dass parallel auf eine Linse auffallende Strahlen ein scharfes Bild eines leuchtenden Punctes in der Brennweite einer Linse liefern. Stellen wir also zwischen unser Auge und den Körper, welchen wir diesem zu sehr genähert haben, eine Linse so auf, dass der Körper grade im Brennpuncte der Linse liegt, so werden die von ihm ausgehenden Strahlen durch die Linse parallel werden und als solche auf die Linse unseres Auges fallend von demselben mit völliger Schärfe auf unserer Netzhaut vereinigt werden. Da nun bei gleicher Helligkeit die Grössenbestimmung von dem Gesichtswinkel, dieser aber von der Nähe des Gegenstandes zum Auge abhängt, so wird der genannte Körper uns vergrössert erscheinen,

wir werden im Stande seyn, in ihm mehr einzelne Puncte zu unterscheiden, als früher. Und damit ist uns die Theorie des einfachen Mikroskops, der Loupe u. s. w. gegeben. Die Stärke der Vergrösserung wird sich hier nach der Nähe des Gegenstandes richten; je näher aber der Gegenstand ist, desto kürzer muss die Brennweite der Linse seyn, durch welche die von ihm ausgehenden Strahlen parallel gemacht werden oder, wie man gewöhnlich sagt, je kleiner die Brennweite der Linse, desto stärker die Vergrösserung. Da nun Centrumwinkel auf gleichen Sehnen sich nahebei umgekehrt verhalten wie die Radien der zu ihnen gehörigen Kreise, so wird bei 4″ Entfernung vom Auge der Sehwinkel doppelt so gross seyn als bei 8″ u. s. w., d. h. wir finden die scheinbare Vergrösserung, wenn wir mit der Brennweite der Linse in die deutliche Sehweite von 8″ dividiren. Die Stärke der Vergrösserung beim einfachen Vergrösserungsglase hängt also nur von der Nähe des Gegenstandes zum Auge ab, indem die dazwischenliegende Linse nichts thut, als das deutlich Sehen in so grosser Nähe möglich zu machen.

Einfaches Mikroskop.

Hier finden wir nun sehr bald die Gränze für die Möglichkeit der Vergrösserungen in der Unmöglichkeit, in gewisser Nähe noch eine Linse zwischen das Object und unser Auge zu bringen. Wir können hier aber auf andere Weise nachhelfen. Aus der Physik ist bekannt, dass von Gegenständen hinter der Linse unter gewissen Bedingungen ein vergrössertes Bild entsteht. Wenn die Linse gut gearbeitet, so wird das Bild sehr genau dem Gegenstande entsprechen, und namentlich werden in jenem noch viele Puncte repräsentirt seyn, die bei der Entfernung des deutlichen Sehens unter einem geringeren Gesichtswinkel als 40″ erscheinen. Dieses Bild können wir also wieder als Object behandeln und mit einem einfachen Mikroskop betrachten und so weit vergrössern, als noch scheinbar einfache Puncte und Linien zu zwei oder mehreren aufgelöst werden, und hier-

auf beruht die Theorie des zusammengesetzten Mikroskops, bei welchem wir das von einer Linse (oder Linsencombination), dem Objectiv, entworfene Bild mit einer anderen, dem Ocular, betrachten. Zusammengesetztes Mikroskop.

Diese beiden Instrumente, das einfache Mikroskop und das zusammengesetzte, sind nun die beiden einzigen von wissenschaftlichem Werth. Das sogenannte Sonnenmikroskop oder das auf denselben Principien beruhende, nur mit anderm Licht erleuchtete Hydro-oxygengasmikroskop ist nichts, als eine physikalische Spielerei, eine etwas vergrösserte *Laterna magica.* Mit Schärfe und Klarheit kann der Gegenstand durch ein solches Instrument nie so stark vergrössert werden, als durch ein einfaches Mikroskop. Das liegt schon in den physikalischen Bedingungen. Die von der Charlatanerie ausposaunten millionenfachen Vergrösserungen sind einmal nur ganz sinnlose Angaben der kubischen Vergrösserung und werden zweitens wie bei der *Laterna magica* nur durch Entfernung der das Bild auffangenden Fläche von der Linse erreicht, wodurch alle Schärfe der Zeichnung, worauf es bei wissenschaftlichen Untersuchungen allein ankommt, verloren geht. Beurtheilung des Werths der Mikroskope.

Es versteht sich wohl von selbst, dass man statt der durchsichtigen Linsen auch wie beim Teleskop Hohlspiegel anwenden kann, und in der That ist dies auch von *Amici* in Modena zuerst ausgeführt und war damals, als Achromatisirung der Linsen noch mangelhaft, der Applanatismus noch gar nicht erfunden war, allerdings eine sehr dankenswerthe Verbesserung. Jetzt aber hat diese Einrichtung fast ganz ihren Werth verloren; denn abgesehen von der Schwierigkeit, den Spiegel ganz rein zu erhalten, kann man demselben auch immer nur einen höchst geringen Theil der Vergrösserung überlassen, weil sich sonst das Object nicht anbringen liesse, und der grössere Theil der Vergrösserung fällt dann immer dem Ocular anheim; welches daher alle Fehler der sphärischen Abweichung auch in

höherem Grade, als bei den dioptrischen Mikroskopen der Fall ist, in das Bild hineinbringt.

Es ist aus der eben gegebenen Darstellung ersichtlich, dass die Vortrefflichkeit des Mikroskops hauptsächlich von der Güte der Linsen, beim Compositum aber ganz besonders von der Richtigkeit und Genauigkeit der Objective abhängt, indem jeder Fehler, mit dem das Bild behaftet ist, durch das Ocular noch vergrössert wird. Hier waren es besonders zwei Fehler, die erst die neuere Zeit, aber auch mit ziemlich glänzendem Erfolg, hat beseitigen können, nämlich die chromatische und die sphärische Abweichung, die man jetzt, erstere durch achromatisirte Linsen und letztere beim einfachen Mikroskop durch *Wollaston's* oder *Chevalier's* Doppellinsen, beim zusammengesetzten Mikroskop durch applanatische Objective beseitigt. Sehr vorzüglich ist das Instrument, welches auch beim Ocular die sphärische Abweichung durch Applanatismus entfernt. Leider lässt sich dabei keine sehr starke Vergrösserung anbringen, aber die wird kaum vermisst. Ich glaube nicht, dass man mit irgend einem Mikroskop, welches jetzt in Europa verfertigt wird, eben viel mehr sehen kann als mit der Combination der drei stärksten Objective und des applanatischen Oculars bei den Plössl'schen Mikroskopen, obgleich sie nur eine etwa zweihundertmalige lineare Vergrösserung giebt. Bei den stärkeren Vergrösserungen desselben Künstlers, bei denen das applanatische Ocular nicht concurrirt, sind zwar die Dimensionen ansehnlicher, man unterscheidet aber nicht mehr Puncte und Linien im Bilde, sieht also auch nicht m e h r, sondern nur etwas bequemer.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergiebt sich, dass man, um sichere und von optischen Fehlern möglichst freie Resultate zu erhalten, sich bei einfachen Mikroskopen nur der achromatischen Doppellinsen, bei zusammengesetzten Mikroskopen nur der achromatischen und wenigstens mit applanatischen Objectiven versehenen In-

strumente bedienen müsse. Die besten Arbeiten liefern gegenwärtig wohl ohne Zweifel *Schiek* in Berlin und *Plössl* in Wien. *Pistor* hat in neuerer Zeit auch angefangen, Mikroskope zu verfertigen, die wenigstens den genannten am nächsten kommen, obwohl sie dieselben keineswegs erreichen. Die Plössl'schen Instrumente stehen in allen Combinationen, in welchen die stärkste Objectivlinse nicht concurrirt, den Schiek'schen ziemlich gleich. Dagegen sind alle Combinationen mit den drei stärksten Objectiven wohl vorzuziehen und das Ausgezeichnetste, was mir bis jetzt in dieser Hinsicht vorgekommen ist. Hinsichtlich der äusseren Einrichtung scheinen mir die Schiek'schen Instrumente den Vorzug zu verdienen, doch wird hier viel auf Gewöhnung ankommen. Die Messingarbeit ist bei *Schiek* unbedingt besser. Nach den genannten werden wohl die neueren Instrumente von *Charles Chevalier* in Paris zu nennen seyn; ich habe zwar keine davon gesehen, glaube es aber aus den damit von den Franzosen erhaltenen Resultaten schliessen zu dürfen. Die neueren englischen Instrumente scheinen den genannten so weit nachzustehen, dass man sie gar nicht vergleichen darf. Auch von ihnen habe ich zwar keins gesehen, aber es wird doch ohne Zweifel nicht an gewandten Beobachtern in England fehlen, wenn daher ausser von *Rob. Brown* in letzter Zeit in England gar keine auch nur irgend bedeutende mikroskopische Untersuchungen in der Botanik geliefert sind und das, was sie sagen, sich häufig durch einen flüchtigen Blick in unsere Instrumente widerlegt, so kann die Schuld wohl nur der Mangelhaftigkeit ihrer Instrumente beigemessen werden.

Noch wäre hier die Frage zu beantworten, ob zu wissenschaftlichen Untersuchungen das einfache Mikroskop oder das zusammensetzte vortheilhafter sey. Ich muss mich unbedingt für das letztere entscheiden und zwar aus folgenden Gründen. *Ceteris paribus* greift das einfache Mikroskop das Auge bei weitem

mehr an als das Compositum, weil die Lichtstärke (die von der Stärke und Klarheit des Bildes ganz unabhängig und davon wohl zu unterscheiden ist) intensiver ist und einen kleineren Theil der Netzhaut trifft, daher eine grössere Ungleichheit in der Erregung des Sehnerven zur Folge hat, sodann wegen der grossen Unbequemlichkeit der geringen Brennweite bei stärkeren Vergrösserungen, ferner wegen der mit derselben mathematischen Sicherheit zu erlangenden stärkeren Vergrösserungen beim Compositum, endlich weil alle Vorwürfe, die man früher dem Compositum zu machen pflegte, zum Theil das nicht achromatisirte, alle nur das nicht applanatische Instrument trafen. Gewohnheit mag auch hier viel entscheiden, allein wenn wir die Beobachtungen der letzten 20 Jahre vergleichen, müssen wir doch zugeben, dass, mit Ausnahme von *Rob. Brown's* (eines Mannes, der gar nicht angeführt werden darf, weil er ganz *sui generis* ist und schwerlich seines Gleichen findet) Entdeckungen, alle die Wissenschaft fördernden Beobachtungen allein mit dem zusammengesetzten Mikroskope gemacht sind.

Soviel über die Bestimmung des Werthes der Instrumente. Ehe ich mich aber zur eigentlichen Beobachtungsweise wende, muss ich vorher noch zwei Puncte berühren, die eine genaue Betrachtung verdienen, weil sie oft von grossem Einfluss auf die wissenschaftlichen Resultate sind, nämlich die Mikrometrie und die Beleuchtung der Objecte.

§. 10.

Bestimmung der Vergrösserung des Mikroskops.

1) In früheren Zeiten, ehe man zweckmässige Apparate besass, um die Grösse mikroskopischer Objecte direct zu bestimmen, hatte die Bestimmung der Vergrösserungskraft eines Mikroskops eine bei weitem grössere Wichtigkeit als jetzt. Man dividirte dann den scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes mit der Ver-

grösserungszahl und fand so die Grösse des Objects selbst. Natürlich ist dies Verfahren zu roh, um wissenschaftliche Bedeutsamkeit zu haben, und daher auch längst abgeschafft. Nichtsdestoweniger ist es noch jetzt in vielen Fällen von hohem Interesse zu wissen, wie stark die Vergrösserung ist, deren man sich bedient. Meistens legen gute Optiker ihren Instrumenten einen Index für die Vergrösserung der verschiedenen Combinationen bei; da aber hier manchmal bedeutende Fehler mit unterlaufen [1]), so ist es nothwendig, dass der Beobachter selbst im Stande sey, die Vergrösserung seines Instruments zu bestimmen. Beim einfachen Mikroskop leidet das keine grosse Schwierigkeit, aber auch beim Compositum ist die Sache bei einiger Uebung sehr leicht. Man bedarf dazu nichts, als einen auf Elfenbein oder sehr weissem Papier schwarz verzeichnetem Massstab, der Linien angiebt, und ein Glasmikrometer, welches dieselbe Linie in beliebige (für sehr starke Vergrösserungen wenigstens 30) Theile eingetheilt enthält. Dann legt man das Glasmikrometer unter das Mikroskop, und wenn man es so eingestellt, das man die Theilstriche deutlich sieht, legt man daneben auf den Tisch des Mikroskops den Massstab. Indem man nun mit dem einen Auge durchs Mikroskop, mit dem andern auf den Massstab daneben sieht, der bei den meisten neueren Instrumenten ohnehin wegen der Länge der Röhre ohngefähr grade in der deutlichen Sehweite zu liegen kommt, vergleicht man, was bei einiger Uebung leicht wird, beide Massstäbe mit einander. Geht nun z. B. $^1/_{30}$ Decimallinie auf einen Viertelzoll, so hat man eine Vergrösserung von 75mal u. s. w. Die von *Jacquin* [2]) und *Ch. Chevalier* [3]) angegebenen Methoden sind nur sehr viel umständlicher, ohne für den etwas geübten

1) Bei *Schiek* sind die Angaben meist sehr genau, bei *Plössl* fast alle falsch, und man könnte sagen, sehr zu seiner Ehre alle bei weitem zu gering.

2) *Baumgärtner*, Naturlehre. Supplementband. Wien, 1831 S. 636.

3) *Ch. Chevalier, des microscopes et de leur usage etc. p. 146.*

Beobachter sehr viel genauere Resultate zu gewähren. Bei starken Vergrösserungen aber, bei denen allein bedeutende Fehler möglich sind, kommt es ohnehin auf einen Irrthum von 10 Procent gar nicht an. Ob ein Instrument 400 oder 440mal vergrössert, ist sehr gleichgültig, da ein wesentlicher Unterschied in dem Resultate doch nur dann erlangt wird, wenn die Vergrösserungszahl wenigstens um die Hälfte steigt.

Dass man alle Vergrösserungen nur nach Linearvergrösserung (Vergrösserung des Durchmessers) angeben sollte, versteht sich von selbst. Die Flächenvergrösserung anzugeben ist ganz unnöthige Weitläufigkeit, weil man sie doch immer erst auf die Quadratwurzel reduciren muss, um eine anschauliche Vorstellung von der Sache zu erhalten. Nur Charlatanerie, die den Laien Sand in die Augen streuen will, pflegt die Vergrösserung nach dem körperlichen Inhalt zu bestimmen, wodurch sie ihre volltönenden Millionen erhält. Die Sache ist gradezu ein lächerlicher Unsinn, da wir weder mit dem blossen Auge, noch mit dem Mikroskop die dritte Dimension des Raumes auffassen, da wir überhaupt keine Körper sehen, sondern nur erleuchtete Flächen.

Die stärksten Vergrösserungen, die bis jetzt von den ausgezeichnetsten Optikern, von *Amici, Chevalier, Pistor, Schiek* und *Plössl* erlangt sind, übersteigen nicht eine 2400—3000malige lineare Vergrösserung. Aber nur bis zum Drittheil, etwa bis 1000—1200mal sind die Vergrösserungen wissenschaftlich brauchbar. Wenn Einer behauptet, er habe etwas bei einer 3000maligen Vergrösserung gesehen, was bei geringerer Vergrösserung zu sehen unmöglich sey, so darf man das dreist für eine reine Phantasie erklären. Ich habe fast die ausgezeichnetsten Mikroskope der neueren Zeit zu vergleichen Gelegenheit gehabt, besitze selbst vielleicht die beiden besten Instrumente, die je von *Schiek* und *Plössl* verfertigt sind, und habe eine ziemliche Uebung im Gebrauche des Instrumentes, muss aber behaupten, dass bei

unsern jetzigen Mikroskopen man bei einer 3000maligen Vergrösserung Alles sehen kann, was man will, da hierbei ein zu bedeutender Lichtmangel eintritt und keine einzige Linie noch mit einiger Schärfe und Bestimmtheit gesehen wird. Der Grund hiervon ist auch leicht einzusehen. Bei allen diesen Mikroskopen werden die Vergrösserungen nur bis etwa zu 280 — 300mal zum grösseren Theil durch die Objective gewonnen. Von da an erhalten wir die Vergrösserungen nur durch das Ocular, welches aber nur das auch bei den bestgearbeiteten Objectiven doch stets mit einem Theil der sphärischen und chromatischen Abweichung behaftete Bild vergrössert und also auch in sehr schnell steigender Progression diese Fehler vermehrt. Dazu kommt noch, dass wegen des sonst eintretenden gänzlichen Lichtmangels bei jener stärksten Vergrösserung das Collectivglas des Oculars wegbleiben muss und daher nicht allein die Fehler des Objectivbildes mindestens um das Zehnfache vergrössert, sondern auch noch mit den bei so kleinen Linsen höchst bedeutenden Fehlern des Oculars vermehrt werden.

Das Messen kleiner Körper.

Wichtiger als die Bestimmung der Vergrösserung des Mikroskops ist die Bestimmung der absoluten Grösse sehr kleiner Objecte. Genaue Beobachter suchten schon früh nach Mitteln; so griff *Leeuwenhoek* zu möglichst rein geschlemmten Sandkörnern, bestimmte, wie viel ihrer auf eine Linie gingen und streute die so gemessenen Körnchen dann unter die mikroskopischen Objecte, und ermittelte deren Grösse dann durch Vergleichung. Spätere nahmen andere kleine Körperchen dazu, z. B. Blumenstaub. Nachdem die Querstreifen auf den Muskeln entdeckt waren, pflegte man wohl diese zu empfehlen, auch Blutkügelchen von verschiedenen Thieren. Alle diese Versuche sind wissenschaftlich von wenig Werth. Man kam daher früh auf die Anfertigung eigentlicher mikroskopischer Messinstrumente. Das älteste derselben war das sogenannte Glasmikrometer, nämlich ein glattes

Glasplättchen, in welches eine sehr feine Eintheilung mit dem Diamant eingeschnitten war. Besonders zeichnete sich in früherer Zeit *Dollond* durch die Anfertigung ausgezeichnet schöner und genau gearbeiteter Mikrometer aus. In neuerer Zeit ist es Gemeingut aller tüchtigen Mechaniker geworden. *Chevalier* verfertigt Mikrometer, an denen der Millimeter in 500 Theile oder die Linie ohngefähr in 1000 Theile getheilt ist. Diese Mikrometer haben aber doch wesentliche Nachtheile. Selbst bei den schärfsten Diamanten ist es nicht zu vermeiden, dass die Ränder der gezogenen Linien nicht ein wenig aussplittern, wodurch die feinen Abtheilungen von ungleicher Breite werden und dadurch das Resultat unsicher machen. Dann aber ist ein Glasmikrometer in vielen Fällen gar nicht anzuwenden. Bei sehr kleinen Gegenständen, also bei sehr starker Vergrösseruug ist es nicht möglich, das Object und die Theilstriche des Mikrometers gleichzeitig im Focus zu haben; dadurch wird ein genaues Messen ganz unmöglich. Ebenfalls lassen sich alle solche Gegenstände, die nothwendig in Wasser liegen müssen, um unters Mikroskop gebracht werden zu können, nicht gut mit dem Glasmikrometer messen, da die kleinen Theilstriche vom Wasser ausgefüllt und dadurch fast gänzlich unsichtbar werden.

Man bedient sich daher in neuerer Zeit zu eigentlich wissenschaftlichen Untersuchungen des von *Frauenhofer* zuerst angewandten Schraubenmikrometers, der auch jetzt den grösseren Instrumenten der deutschen Optiker stets beigegeben wird. Das ganze Instrument beruht auf einer Vorrichtung, durch welche man in den Stand gesetzt wird, das zu messende Object in einer gradlinigen stetigen Bewegung durch das Gesichtsfeld des Mikroskops durchzuführen und den zurückgelegten Weg zu messen. Zu dem Ende construirt man einen beweglichen Tisch, einen sogenannten Schlitten, d. h. eine in Falzen bewegliche Platte. An diese Platte befestigt man eine Schraube, durch deren Umdrehung der

Schlitten hin- und hergeschoben wird. Diese Schraube wird sehr genau aus Stahl gedreht und hat gewöhnlich 100 Umläufe auf einen Zoll. Man nennt eine solche Schraube eine Mikrometerschraube. Eine jede ganze Umdrehung der Schraube bewegt also den Tisch um 0″,01 vorwärts. Bei vorausgesetzter vollkommener Gleichförmigkeit des Schraubenganges wird bei jedem $^1/_{100}$stel einer Umdrehung der Tisch um ein 0″,0001 vorwärts bewegt. Um diese Theile zu bestimmen, bringt man an dem einen Ende der Schraube eine in 100 Theile getheilte Scheibe an, und einen feststehenden Index, an dem man die Zahl der Theilchen ablesen kann, endlich ist neben dem Index noch ein Nonius, wodurch es möglich wird, von dem hundertsten Theil einer Umdrehung noch den zehnten Theil, also im Ganzen 0″,00001 zu bestimmen. Gemessen wird mit diesem Instrument auf folgende Weise. In dem Diaphragma des Oculars wird ein feiner Spinnewebfaden angebracht, und nachdem das Schraubenmikrometer auf dem Tisch des Mikroskops befestigt ist, das Ocular so gedreht, dass der Faden die Axe der Schraube in einem rechten Winkel kreuzt. Man legt dann einen zu messenden Gegenstand so auf den Schlitten des Mikrometers, dass sein einer Rand den Faden im Diaphragma genau berührt, und führt dann den Gegenstand durch Bewegung der Schraube vorsichtig so durch das Gesichtsfeld, bis der Faden den andern Rand des Objects berührt. Hat man nun am Anfang und Ende dieser Operation den Stand der eingetheilten Scheibe genau bemerkt, so ergiebt der Unterschied beider genau den Durchmesser des Objects in 100,000tel eines Zolls. Schwierig ist bei dieser Operation nur, den Gegenstand genau in die angegebene Lage zu bringen. Um dies zu erleichtern, bringt man am Mikrometer noch einige Vorrichtungen an. Zuerst legt man auf den in der Richtung der Schraubenaxe beweglichen Schlitten noch einen andern, der durch eine Schraube in einer auf der vorigen rechtwinkligen Rich-

tung beweglich ist. Auf diesem bringt man noch eine Scheibe an, die genau um ihre Axe drehbar ist. Auf diese Weise wird das Einstellen des Objects ziemlich erleichtert. Ueber die Vorzüge des Schraubenmikrometers ist viel gestritten worden. Seine Fehler liegen darin, dass eine Schraube nie so genau gearbeitet seyn kann, dass ihre Windungen unter einander gleich sind und jede einzeln in sich gleichförmig ist. Man hat deshalb dem Glasmikrometer den Vorzug geben wollen. Dies beruht aber nur auf der Unkenntniss der Verfertigungsweise der Glasmikrometer. Ich habe oben die Fehler aufgezählt, die dem Glasmikrometer eigenthümlich sind. Zu diesen kommen noch alle Fehler des Schraubenmikrometers hinzu, denn erst vermittelst einer Mikrometerschraube, welche das Lineal bewegt, ist die Anfertigung eines Glasmikrometers möglich. Ferner kommt noch der Nachtheil hinzu, dass das Glasmikrometer nur einen ganz kleinen Theil der Mikrometerschraube repräsentirt und vielleicht zufällig grade den ungenauesten, während man mit dem Schraubenmikrometer die Messung mit verschiedenen Theilen der Schraube wiederholen kann und daher, wenn man das Mittel aus allen diesen Messungen nimmt, die Unrichtigkeiten wahrscheinlich grösstentheils fortschafft. Uebrigens darf man bei alledem nur innerhalb gewisser Gränzen Werth auf diese Messungen legen. Denn man darf nur selbst einmal mit einem tüchtigen Mechanikus gesprochen haben, um zu wissen, was überhaupt die Gränzen der Genauigkeit bei solchen Instrumenten sind. Eine einzelne Messung hat daher gar keinen Werth, denn wenn ich damit die Breite eines Gegenstandes zu $^1/_{10,000}$ eines Zolles bestimme, so kann er in der Wirklichkeit eben so gut $^1/_{7000}$ als $^1/_{14,000}$ seyn. Das Mittel von 3 bis 4 Messungen an verschiedenen Stellen der Schraube giebt aber schon ein ziemlich genaues Resultat. Am sichersten sind aber für den wissenschaftlichen Gebrauch immer nur die vergleichenden Messungen, wenn man nämlich

mit demselben Instrument gleichzeitig ein bekanntes allenthalben ziemlich gleich grosses und leicht zu erhaltendes Object, z. B. Blutkörperchen eines bestimmten Thieres misst, so dass die Angabe dieser Grösse gleichsam der Massstab wird, auf welchen dann Jeder die mit seinem Instrumente gefundenen Resultate reduciren kann.

Beleuchtung des mikroskopischen Objects.

2) Auf die Beleuchtung der Gegenstände kommt sehr viel an. Je intensiver das Licht ist, welches von einem Gegenstande ausgeht, desto weniger schädlich ist natürlich der Verlust, den das Licht bei seinem Durchgange durch so viele brechende Medien, theils durch Reflexion an den Flächen, theils durch Absorption im Innern erleidet. Man muss hier aber zwei Arten der Benutzung des Mikroskops wesentlich unterscheiden, wie man es gewöhnlich zu nennen pflegt, die Betrachtung opaker und die transparenter Gegenstände.

Die erste ist die älteste, einfachste und natürlichste. Sie kommt ganz mit der Art und Weise überein, wie wir gewohnt sind, die Gegenstände mit blossem Auge mittelst des von ihnen zerstreuten Lichtes zu sehen. Hier genügt bei nicht allzustarken Vergrösserungen in der Regel das blosse Tageslicht. Bei stärkeren Vergrösserungen aber pflegt man das Licht (und zwar dann am besten künstliches) durch eine Linse oder durch ein sogenanntes Selligué'sches Prisma [1]) concentrirt auf das Object zu leiten.

Ganz anders verhält sich die Sache beim Beobachten mit durchfallendem Licht. Es ist auffallend, dass noch kein Physiker eine Theorie dieser Art zu sehen gegeben, ja dass in allen physikalischen Handbüchern, die ich gesehen, gar nicht einmal auf die wesentliche Verschiedenheit dieser Beobachtungsweise hingedeutet ist. Im gewöhnlichen Leben kommt sie uns selten vor, etwa beim Wahrnehmen von Luftblasen oder andern Unregelmässigkeiten, oder mattgeschliffenen Zeichnungen in Glas.

1) Prisma mit zwei convexen Flächen.

Das ganze Sehen beruht hier auf der verschiedenen Reflexion oder Absorption der Lichtstrahlen in ungleich brechenden und ungleich dichten Medien, die neben einander liegen. Die stärker brechenden oder dichteren Theile lassen weniger Lichtstrahlen durch sich durch zum Auge gelangen und erscheinen daher dunkler als die anderen. Ja es ist sehr wohl möglich, dass zwei Substanzen neben einander sich begränzen, die beide gleich dichte und brechende Kraft haben und daher nicht als verschieden unterm Mikroskop erkannt werden könnten, aber dadurch als verschieden sichtbar werden, dass sie verschieden polarisirend oder depolarisirend auf das Licht wirken. Der Erfolg würde hier also immer von der grössern oder geringern Lichtmenge abhängen, welche von unten durch das Object fällt. Es kommt aber noch hinzu, dass eine verschiedene Menge Licht reflectirt wird, nach Verschiedenheit des Winkels, in welchem es auffällt, und deshalb ist auch die Richtung der von unten auffallenden Lichtstrahlen zu berücksichtigen.

Die gewöhnlich an allen Mikroskopen angebrachte Vorrichtung ist ein nach allen Richtungen beweglicher Beleuchtungsspiegel unter dem Tisch des Mikroskops. Man macht ihn plan, oder concav, und zwar letzteres so, dass der von ihm ausgehende Lichtkegel genau die Oeffnung des Tisches ausfüllt. Im letzteren Falle ist natürlich eine grössere Lichtmenge in dem Sehfelde concentrirt. Am zweckmässigsten vereinigt man einen planen und einen concaven Spiegel mit den Rücken gegen einander gekehrt in derselben Fassung, so dass man nach Bedürfniss wechseln kann. Wo möglich ist die Beleuchtung mit dem Planspiegel vorzuziehen; zwar ist hier die Lichtmenge nicht so gross, aber der Parallelismus der Strahlen ist entschieden für die Sicherheit der Beobachtung vortheilhafter. Es scheint nämlich, als ob durch die Convergenz der Strahlen beim Hohlspiegel in dem Bilde Verschiebungen veranlasst werden können. Ich bin oft auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden,

gestehe aber, dass ich nichts darüber zu sagen weiss, da die Optiker uns hier ganz im Stiche lassen. Beim einfachen Mikroskop bringt man nach *Wollaston* zweckmässig über dem Planspiegel eine Sammellinse an, wenn eine grössere Lichtstärke nothwendig wird.

Man muss indess bei Beobachtungen zarter Objecte eben so oft zur Milderung der Beleuchtung seine Zuflucht nehmen. Bei sehr durchsichtigen Gegenständen wird das Auge durch starkes Licht zu sehr gereizt, um noch sehr zarte Unterschiede wahrnehmen zu können, welche man bei gemässigtem Lichte leichter auffasst. Man bedeckt zu dem Ende den Planspiegel noch mit einem Täfelchen von weissem Holz, Elfenbein oder Ebenholz, oder stellt ihn so, dass er gar keine Strahlen mehr aufs Object sendet. Man hat aber an allen guten zusammengesetzten Mikroskopen noch eine eigene Vorrichtung am Tisch, die dazu dient, sowohl das Licht zu vermindern, als auch es von der Seite aufs Object fallen zu lassen. Es besteht diese Vorrichtung aus einer mit Löchern von verschiedener Grösse durchbrochenen Scheibe, welche unter dem Tisch so angebracht ist, dass man das Licht nach Belieben durch eins der Löcher fallen lassen, oder auch ganz ausschliessen kann. Stellt man diese Scheibe, die höchst beweglich seyn muss, so, dass nur an einer Seite ein Theil eines Loches auf den Ausschnitt des Tisches trifft, so hat man schief auffallendes Licht. Diese Vorrichtung ist eine fast unentbehrliche. Von einer grossen Menge von Täuschungen befreit man sich allein durch ein beständiges Wechseln der Beleuchtung. Ob man eine Höhlung oder eine Erhabenheit vor sich hat, ob ein kleiner Körper hohl oder solide ist, entscheidet sich bei aufmerksamer Betrachtung gar bald durch den Schatten, wenn man öfter die Beleuchtung wechselt. Aber auch in unzähligen andern Fällen zeigt sich die grosse Sicherheit in der Beurtheilung, die aus einem gehörigen Gebrauch der verschiedenen Beleuchtung hervorgeht.

Man hat von jeher und mit Recht grosses Gewicht auf die Regulirung der Beleuchtung beim Mikroskop gelegt, und wenn auch manche der frühern grossen Vorsichtsmassregeln und die oft sehr complicirten Beleuchtungsapparate zum Theil in neuerer Zeit durch die wesentlichen Verbesserungen des optischen Theils des Mikroskops, namentlich durch Achromatismus und Applanatismus überflüssig geworden sind, so bleibt es doch auch jetzt noch immer ein Punct, der grosse Aufmerksamkeit verdient und dessen Wichtigkeit von vielen mikroskopischen Beobachtern zu sehr vernachlässigt wird. Der von *Wollaston* aufgestellte Grundsatz bleibt auch noch jetzt richtig und als Leitfaden für zweckmässige Anstellung der Beobachtungen stehen, dass alles Licht, welches nicht unmittelbar zur Beleuchtung des Objects dient, der Deutlichkeit des Sehens schadet. Besonders ist hier zu empfehlen, durch einen zweckmässigen Schirm das Seitenlicht von den Augen und bei durchsichtigen Objecten durch eine hohle, inwendig geschwärzte Papprröhre, die vom Körper des Mikroskops auf den Tisch reicht, alles Seitenlicht von dem Object auszuschliessen.

§. 11.

Methode der mikroskopischen Untersuchung.

Ich versuche nun schliesslich noch einige Andeutungen über den G a n g d e r m i k r o s k o p i s c h e n U n t e r s u c h u n g e n.

Der Zweck aller mikroskopischen Untersuchungen ist immer, Formen oder Processe, die ihren räumlichen Ausdehnungen nach der Art sind, dass sie sich dem blossen Auge entziehen, mittelst des Mikroskops vollständig eben so kennen zu lernen, als es uns möglich sein würde, wenn die Objecte Dimensionen besässen, wie die mit unbewaffnetem Auge uns völlig deutlich erkennbaren Körper. Unser Auge ist schon eine optische Vorrichtung, wie wir gesehen haben; das Mikroskop wiederholt fast nur dieselben Mittel und wir müs-

sen daher zuerst und vor Allem festhalten, dass uns das Mikroskop der Qualität nach durchaus nichts Anderes geben kann, als das Auge auch. Wir müssen hier also wieder daran erinnern, dass das Auge unmittelbar nur verschieden gefärbte und erleuchtete Puncte, die sich in mathematischer Anschauung zunächst auf eine Fläche ordnen, unserm Bewusstseyn überliefert, dass das Anschauen des Körperlichen, die dritte Dimension des Raumes, immer erst später durch die figürliche Construction durch die productive Einbildungskraft hinzukommt. Auf der andern Seite müssen wir aber auch festhalten, dass die Wirkungsweise des Auges, versteht sich des gesunden, eben so wie das Mikroskop auf ganz ausnahmslosen mathematischen Gesetzen beruht, dass also bei allen Beobachtungen mit dem blossen Auge wie mit dem Mikroskop nur der urtheilende Verstand sich irren kann, der gesunde Sinn und das optische Instrument aber immer Recht haben. „Draussen in der Natur ist Alles wohl bestellt, Confusion ist nur in den Köpfen der Menschen zu finden“.

Wir müssen diese Sätze vorläufig gleich anwenden, um zwei sehr gemeine Vorurtheile aus dem Wege zu räumen, deren Einfluss auf die Wissenschaft in vielfacher Hinsicht schädlich gewesen ist, weil er lange Zeit verhinderte, den Fehler da aufzusuchen, wo er lag. Abwendung der Vorurtheile.

Das eine Vorurtheil ist die vage Redensart, dass den mikroskopischen Untersuchungen nie recht zu trauen sey, weil das Mikroskop gar zu oft täusche. Solche Redensarten finden sich leider noch in neuester Zeit bei Männern, wie *Link*, *Berzelius*, *Liebig* und Anderen. Man wird hier versucht, mit Wallenstein auszurufen: „Die Sterne lügen nicht, denn sie sind ewig wahr, doch ihr bringt Lug und Trug in den wahrhaftigen Himmel“. Die Abweisung des erwähnten Gemeinplatzes ist gar leicht. Das Mikroskop ist völlig unschuldig an Allem, was ihm aufgebürdet wird, aber die Voreiligkeit, die Oberflächlichkeit, und selbst kann man sagen die wissenschaftliche Unredlichkeit, die in

jeder zu weit gehenden Leichtfertigkeit liegt, alle diese bösen Geister, die, so lange die Welt steht, den Fortschritten des menschlichen Geistes in den Weg getreten sind, sie sind es, die auch noch heutzutage, zumal in den Naturwissenschaften und ganz besonders auch bei mikroskopischen Untersuchungen so viel Unheil angerichtet haben, dass man allerdings Ursache hat, wenn von mikroskopischen Untersuchungen die Rede ist, auf seiner Hut zu seyn, aber nicht wegen der Unwahrheit des Instrumentes, sondern wegen der Unwahrheit der Menschen. Wie viele Leute haben Unsinn in die Welt hineingeschrieben, weil sie die Farben der chromatischen Abweichung den Körpern beilegten, Luftblasen als Gegenstände beschrieben; daran ist aber nicht das Mikroskop Schuld, sondern die Unwissenheit und daraus entspringende Urtheilslosigkeit der Leute, die Arbeiten mit einem Instrument unternahmen, dessen Gesetze und Wirkungsweise sie nicht kannten und über Gegenstände urtheilten, bei denen sie sich mit einigem Nachdenken selbst hätten sagen können, dass ihnen jede Grundlage zum Urtheile fehle.

Das andere Vorurtheil ist dem vorigen beinahe grade entgegengesetzt und doch findet man es oft von denselben Menschen, die das vorige vorgebracht haben, ebenfalls ausgesprochen, wenn auch in versteckter Form. Man meint nämlich, es gehöre zu einer mikroskopischen Beobachtung nicht viel mehr als ein gutes Instrument und ein Gegenstand, dann könne man nur das Auge über das Ocularglas halten, um *au fait* zu seyn. *Link* in der Vorrede zu seinen phytotomischen Tafeln spricht diese grundfalsche Ansicht so aus: „Ich habe meist die Beobachtung meinem Zeichner, dem Herrn *Schmidt*, ganz allein überlassen und die Unbefangenheit des Beobachters, der mit allen Theorien der Botanik unbekannt ist, bürgt für die Richtigkeit der Zeichnungen". Das Resultat dieser Verkehrtheit ist, dass *Link's* phytotomische Tafeln trotz seines berühmten Namens so un-

brauchbar sind, dass man gradezu wenigstens den Anfänger, der daraus lernen will, davor dringend warnen muss, damit er sich nicht durch lauter falsche Anschauungen verwirre. *Link* hätte ebensowohl ein Kind oder einen operirten Blindgeborenen um die scheinbare Entfernung des Mondes fragen und wegen ihrer Unbefangenheit das beste Urtheil erwarten dürfen. So gut wie wir mit den unbewaffneten Augen von unsern Kinderjahren an erst sehen lernen, d. h. die einzelnen uns zum Bewusstseyn kommenden Momente zum Ganzen einer körperlichen Natur zusammenconstruiren müssen und selbst mit blossen Augen doch noch in unvermeidliche Täuschungen des Urtheils verfallen, z. B. bei der Grösse des aufgehenden Mondes, so müssen wir auch beim Mikroskop, welches wegen der Isolirung der Gegenstände und der daher mangelnden Vergleichung, wegen der Nothwendigkeit, das eine Auge von der Beobachtung auszuschliessen, wegen der nothwendig fast immer gleichen Lage des Gegenstandes zu unserm Auge ein unendlich schwierigeres Instrument ist, als unser Auge, erst allmälig sehen lernen. Erst nach und nach wird es uns gelingen, von dem physiologisch Gesehenen eine klare Anschauung vor der productiven Einbildungskraft festzuhalten, und so wie es uns leichter werden wird, uns in einer Nebellandschaft oder mondbeleuchteten Gegend zu orientiren, je öfter wir sie schon unter andern Beleuchtungen gesehen haben und je mehr wir mit allen ihren einzelnen Theilen genau bekannt sind, so wird auch nur der im Stande seyn, brauchbare mikroskopische Beobachtungen zu machen, der nicht allein mit der betreffenden Wissenschaft im Allgemeinen, sondern auch ganz speciell mit den besondern Gegenständen, die er seiner Untersuchung unterwirft, auf das genauste, soweit es die bisherigen Kenntnisse darüber zulassen, sich vertraut gemacht. Es ist die Folge von jenem Vorurtheil, dass alle mikroskopischen Entdeckungen so langsam sich Bahn brechen und so spät erst allge-

mein in der Wissenschaft anerkannt werden. Denn die meisten Beobachter verlangen das, was angegeben wird, gleich auf den ersten Blick zu sehen und bedenken nicht, dass oft erst viele Jahre fortgesetzte, angestrengte Untersuchungen im Stande waren, das Resultat zu liefern, und dass selbst jetzt, nachdem es gefunden ist, meist noch Wochen lange Studien dazu gehören, um dem vom Meister vorgezeichneten Gange nur folgen zu können. Daraus erklären sich z. B. so viele alberne Entgegnungen, die dem grössten mikroskopischen Beobachter *Ehrenberg* gemacht worden sind.

Wenn wir nun einestheils gestützt auf die einfachen oben mitgetheilten Bemerkungen die beiden schlimmen Vorurtheile, die dem zweckmässigen Gebrauch des Mikroskops hemmend in den Weg treten, zurückzuweisen vermögen, so können wir auch auf der andern Seite aus ihnen allein die leitenden Grundsätze für die zweckmässige Anstellung mikroskopischer Untersuchungen ableiten.

Verhältniss des unbewaffneten Auges zu mikroskopischer Beobachtung.

Zuerst müssen wir noch einmal die durch das Mikroskop erlangten Gesichtseindrücke mit dem Sehen des Auges vergleichen. Das Auge, wie früher bemerkt, giebt uns zunächst nur das Bewusstseyn einer leuchtenden oder gefärbten Fäche. Dieser Eindruck würde von uns schwer zur Anschauung der Körperwelt erhoben werden, wenn wir, wie bei den einfachen elementaren Betrachtungen stillschweigend vorausgesetzt zu werden pflegt, nur mit Einem ruhenden Auge sähen. Aber erstlich ist unser Auge beweglich; wir können gleichsam mit dem Auge unter den Gegenständen umhergehen. Indem wir mit dem rollenden Auge über eine Anzahl von Objecten hineilen, geben diese in jedem Momente der Netzhaut ein anderes Bild und in jedem Momente fällt dies auf andere Theile der Netzhaut. Dann sehen wir nicht mit einem Auge allein, sondern mit zweien. Jedem Auge gehört gleichsam eine eigene Weltanschauung von einem andern Standpuncte aus, die Gewohnheit combinirt aber beide Bilder, die sich mathe-

matisch nie ganz decken können, zu einem mittleren. Nur wenn die beiden Bilder ganz ungewohnte Stellen der Netzhaut treffen, kommen uns die Bilder gesondert zum Bewusstseyn, grade so wie wir eine kleine Kugel doppelt fühlen, wenn wir sie gleichzeitig mit den äusseren Seiten zweier Finger berühren. Wir sehen ferner mit beiden bewegten Augen, wodurch die Zahl der auf einen Gegenstand bezüglichen anschaulichen Elemente noch vermehrt wird. Endlich ist es uns möglich, uns selbst oder die Gegenstände zu bewegen und dadurch von einem und demselben Gegenstand ganz verschiedenartige Anschauungen zu gewinnen. So erhalten wir denn eine ziemlich breite Basis, auf welcher wir mit grossem Vertrauen die figürliche Construction der Objecte vornehmen können. Uebung macht freilich auch hier den Meister, und wir bemerken einen grossen Unterschied zwischen einem Gelehrten, der den grössten Theil seines Lebens auf der Stube zugebracht und dem Jäger oder noch mehr dem Wilden, der sich von Jugend auf in der anschaulichen Auffassung der Natur übte.

Aber fast alle diese verschiedenen Beziehungen fallen bei dem Mikroskop weg. Wir sehen bei demselben immer nur mit Einem, meist auch ruhenden Auge und immer in einer unveränderlich gegebenen Stellung zum Object, und was ebenfalls wohl ins Auge zu fassen ist, wir sehen das Object stets für unsere Anschauung isolirt und können daher auch nicht einmal durch Vergleichung mit gleichzeitigen Gesichtseindrücken uns über den Gegenstand Aufschluss verschaffen.

Endlich haben unsere Augen ein gewisses in nicht allzu enge Gränzen eingeschlossenes Accommodationsvermögen für verschiedene Entfernungen, wir können Gegenstände, die ungleich weit von unserm Auge abstehen, doch gleich deutlich sehen und können die Gesichtseindrücke so schnell hinter einander und mit so stetigem Durchlaufen aller dazwischenliegenden Puncte uns verschaffen, dass es uns unendlich leicht wird, alle

diese Eindrücke zu combiniren. Auch dieses fällt beim Mikroskop grösstentheils weg, indem wir besonders bei stärkeren Vergrösserungen (und um so genauer, je schöner das Mikroskop gearbeitet ist) eine mathematische Fläche sehen. Zumal beim zusammengesetzten Mikroskop, wo wir keinen wirklichen Gegenstand, sondern nur ein Bild betrachten, ist eigentlich auch augenblicklich gar kein anderes Gesichtsobject vorhanden, als diese mathematische Fläche, und um zu sehen, was über oder unter dieser mathematischen Fläche (gleichsam einer idealen Durchschnittsfläche des zu betrachtenden Gegenstandes) liegt, hilft uns das Accommodationsvermögen unseres Auges nichts, sondern wir müssen gradezu das eine Gesichtsobject vernichten und ein anderes an seine Stelle setzen. Es ist leicht einzusehen, wie unendlich dies die Combination der einzelnen Eindrücke zu einem körperlichen Ganzen erschweren muss.

Fassen wir diese Bemerkungen zusammen, so ergiebt sich uns daraus als Resultat einmal der Unterschied zwischen dem Sehen mit unbewaffnetem Auge und mit dem Mikroskop, und zweitens der leitende Grundsatz, von dem geführt wir die Regeln zur zweckmässigsten Anstellung der mikroskopischen Untersuchung zu suchen haben. Nämlich erstens: Die anschauliche Kenntniss der Körperwelt entsteht uns in figürlicher Construction vor der mathematischen Anschauung, wozu uns das Auge als Gesichtssinn nur einzelne Elemente liefert, während wir die übrigen von den andern Sinnen empfangen; bei mikroskopischen Gegenständen fällt die Auffassung durch die andern Sinne ganz weg und die vom Auge gelieferten Elemente werden bei mikroskopischer Betrachtung noch zerlegt, die einzelnen Theile isolirt und dazu unter Umständen dargeboten, die ihre Combination unendlich erschweren. Zweitens: Um diesen Nachtheilen zu entgehen und die Resultate mikroskopischer Forschungen gegen Täuschungen der productiven Einbildungskraft, dem Vermögen der mathematischen

Leitende Maxime für alle mikroskopische Beobachtung.

Anschauung, sicherzustellen, müssen wir die Zahl der Elemente so zu vermehren suchen, dass wir dadurch eine möglichst vollständige und sichere Grundlage für die figürliche Construction gewinnen.

Sicherstellung gegen Täuschungen des Urtheils.

Es zerfällt diese Aufgabe in die, eine möglichst vielseitige Auffassung desselben Gegenstandes möglich zu machen und alles nicht zum actuellen Gegenstande der Beobachtung Gehörige zu eliminiren. Für den letztern Theil der Aufgabe sorgen zum Theil Verbesserungen des Instruments, indem sie Formveränderungen und Farbenerscheinungen (die auf der sphärischen und chromatischen Abweichung beruhen), fortschaffen. Was diese beiden Puncte betrifft, die mehr den Optiker als den Beobachter angehen, so ist das Erforderliche darüber oben schon erwähnt und die Sache des Beobachters ist es nur, sich ein möglichst vollkommenes Instrument anzuschaffen. Es giebt aber noch manche andere optische Erscheinungen, deren sich der Beobachter als solcher bewusst werden muss, die, obwohl in der That dem Bilde angehörend, doch nicht dem Object, welches man beobachten will, zukommen, die man daher kennen muss, um ihren Antheil an unserer Vorstellung über die Natur des Objects fortschaffen zu können. Hierher gehören manche Farbenerscheinungen, die nicht durch die chromatische Abweichung hervorgerufen werden. Namentlich kommen Beugungsphänomene nicht selten beim Mikroskop vor. Wenn man z. B. ganz kleine Löcher, etwa Poren der Zellenwände betrachtet und das Object nicht ganz haarfscharf in der richtigen Entfernung vom Objectiv liegt, so erscheint die innere Fläche gefärbt und je nach der Grösse des Porus oder der Entfernung vom Focus gelblich, röthlich oder grünlich. Aehnliches tritt bei der Beobachtung sehr kleiner Kügelchen oder anderer fester Körper ein, bei denen sich unter gleichen Umständen ein zarter farbiger Saum zeigt. Beide Erscheinungen verschwinden aber, wenn man das Object genau in die richtige Focalweite bringt. Ueberall daher,

wo solche kleine Theilchen selbst in dem Centrum des Sehfeldes, wo natürlich vollkommener Achromatismus stattfindet, noch Farben zeigen, muss man stets durch das genaueste Einstellen versuchen, die Farbenerscheinungen zu entfernen; erst wenn dies bei aller angewendeten Sorgfalt nicht möglich ist, darf man mit vieler Wahrscheinlichkeit die Farben dem Gegenstande selbst zuschreiben. Ein Beispiel hierfür liefert die Behauptung einiger Beobachter, dass der innere Kreis der Poren bei den Coniferenzellen (der eigentliche Porus) zuweilen grün gefärbt erscheine.

Ferner gehören hierher gewisse Formenveränderungen, die ebenfalls durch mangelhafte Einstellung des Objects in die richtige Focalweite veranlasst werden; so erscheinen Linien doppelt oder mit einer gewissen Breite, die bei genauer Einstellung sich einfach oder als scharfe Linien ohne alle scheinbare Breite darstellen. Wahrscheinlich ist es eine Diffractionserscheinung, doch scheint die Erklärung hier noch zweifelhaft zu seyn. Auch hier findet man bald, dass weder die scheinbare Breite, noch die Duplicität der Linien dem Object selbst zukomme, wenn bei irgend einer Einstellung, bei völliger Deutlichkeit des Bildes die angegebenen Erscheinungen verschwinden. Ich will hier an ein Beispiel für diese optische Täuschungen erinnern, welches bei *Mirbel* in seiner Abhandlung: *„Nouvelles notes sur le cambium“ (Archives du Muséum d'hist. nat. 1839 p. 303 sqq.)* sich findet. Er erwähnt daselbst (S. 306. 328, Tafel XXI Fig. 3 u. Fig. 6) Zellen, deren Wände auf einem Querschnitt mit Querstreifen bezeichnet erscheinen, welche aber bei Betrachtung eines Längsschnittes verschwinden und dagegen Längsstreifen Platz machen. Ich habe diese Erscheinung oft beobachtet und muss sie bestimmt für eine optische Täuschung erklären. *Mirbel* ist auf den angeführten Tafeln etwas zu freigebig mit den Streifen gewesen, man sieht nämlich nie mehr wie vier, nämlich die obere und untere Schnittfläche der Zelle

und zwei Linien. Dass es eine optische Täuschung sey, geht daraus hervor, dass man nie durch Veränderung des Focus es dahin bringen kann, dass man nur zwei dieser Linien sieht. Entweder erscheinen alle vier, oder nur die obere, oder die untere Schnittfläche. Ich finde nicht, dass schon Jemand auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, noch weniger eine Erklärung gegeben hätte. Es ist zwar gewiss, dass überall nur dann das Object in der richtigen Focalweite liegt, wenn sein Bild am deutlichsten und schärfsten gezeichnet erscheint. Allein die Differenzen in der Deutlichkeit und Schärfe sind so zart, dass sie oft kaum dem allergeübtesten Auge bemerklich werden. Besser lässt sich daher die Regel so aussprechen, dass der richtige Focalabstand gefunden ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint und die Dimensionen aller Theile und aller Linien und Puncte, aus welchen es zusammengesetzt ist, die geringsten Grössen zeigen. Man wird immer finden, dass dann auch die grösste Schärfe und Deutlichkeit vorhanden ist, da jede Linie, jeder Punct auch um so dunkler erscheinen, je kleiner, je schmäler sie sind. Es kommen wahrscheinlich noch viele solcher Verhältnisse vor, die unser Urtheil über mikroskopische Gegenstände befangen machen, indess sind mir bis jetzt keine weiter bei meinen Untersuchungen zum Bewusstseyn gekommen. In den Schriften der Physiker findet man leider gar keinen Aufschluss, weil keiner sich bis jetzt mit der Theorie der mikroskopischen Beobachtung beschäftigt hat.

Es gehört aber zu dieser unserer Aufgabe, nämlich uns in den Stand zu setzen, alles nicht wirklich dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung Angehörige ausscheiden zu können, noch eine andere Vorbereitung, als die Kenntniss der optischen Thatsachen, die so eben erwähnt wurden. Diese gehören allerdings nur dem Bilde an, welches die Objectivlinse von dem Gegenstande im Diaphragma entwirft, und kommen also auch nur beim zusammengesetzten Mikroskope vor. Es giebt

aber noch eine grosse Menge von Erscheinungen, die zwar wirklichen Gegenständen auf dem Objectträger entsprechen, aber doch nicht dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung angehören. Diese kommen auch beim Gebrauche des einfachen Mikroskops in Betracht. Mit diesen Erscheinungen muss man durchaus bekannt seyn, ehe man sich mit Hoffnung auf Erfolg an eine mikroskopische Untersuchung machen kann. Vollständig würde die hier zu machende Anforderung freilich so lauten müssen, dass man, ehe man an Untersuchung eines neuen Gegenstandes geht, vorher alle bereits untersuchten Gegenstände aus eigner Anschauung kennen gelernt habe. Indess bedarf es nur einer flüchtigen Erinnerung an die bereits durch das Mikroskop gewonnenen Resultate, um die Unmöglichkeit einzusehen, einer solchen Anforderung jemals genügen zu können. Wir müssen hier also unsere Ansprüche beschränken und statt jener allzu umfassenden Forderung zwei andere ausführbare, aber auch dann ganz unerlässliche Aufgaben stellen. Die erste ist die, sich mit den ganz allgemeinen bei jeder Untersuchung möglicher Weise vorkommenden Erscheinungen bekannt zu machen, ehe man überhaupt das Mikroskop zu eignen Untersuchungen benutzt; und zweitens Alles, was über den speciellen Gegenstand der jeweiligen Untersuchung schon bekannt ist, vorher genauer zu studiren. Wir können hier freilich fast nur beispielsweise auf Folgendes aufmerksam machen. Der Gegenstand mikroskopischer Untersuchungen sind entweder Formen oder Processe.

I. Was die ersteren betrifft, so haben wir zweierlei ins Auge zu fassen.

1) Wirkliche Formen, die so allgemein verbreitet sind, dass sie sich in jede Untersuchung einmischen und ihre Resultate trüben können.

Hierher gehört hauptsächlich Alles, was man als Staub im gemeinen Leben unter einem Namen zusammenfasst, also kleine Fäserchen von vegetabilischen

oder thierischen Geweben, oder kleine Körnchen unorganischer Substanzen.

Da die meisten Objecte, wenigstens alle transparenten, mit Wasser befeuchtet werden, so gehören hierher auch die gewöhnlicher vorkommenden Infusionsthiere, die man ohne höchst weitläufige Vorarbeiten, z. B. Abkochen und luftdichtes Verschliessen des Wassers, nie ganz ausschliessen kann. Diese Gegenstände muss man zum öftern genau unter verschiedenen Vergrösserungen und verschiedenen Verhältnissen beobachten, damit, wenn sie sich in die Untersuchung einmischen, wir mit ihnen vertraut sind und sie als bekanntermassen unwesentliche Objecte selbst unsere Aufmerksamkeit nicht einmal mehr in dem Grade erregen, dass sie uns in der Anschauung zum Bewusstseyn kommen.

2) Scheinbare Formen von Stoffen, die an sich formlos sind, aber unter gewissen Umständen regelmässig begränzt erscheinen. Hierher gehören insbesondere Gasarten, die mechanisch in Flüssigkeiten vertheilt sind, oder mechanische Gemenge zweier sich nicht mischender oder auflösender Flüssigkeiten, z. B. Bläschen atmosphärischer Luft in Wasser und Oele, Oeltröpfchen in Wasser oder Gummi. Besonders haben die Luftbläschen fast bis auf den heutigen Tag eine grosse Rolle bei den mikroskopischen Verirrungen gespielt. Sie erscheinen unter dem Mikroskop in einer Flüssigkeit immer als sphärische Körper mit einem fast pechschwarzen, breiten Rande und einem ganz kleinen, lichten, runden Centrum. Bei genauer Aufmerksamkeit erkennt man auf dem schwarzen Rande an der dem Lichte zugewendeten Seite Spiegelbilder von Gegenständen, die in der Nähe sind, z. B. Fensterkreuz u. s. w. Die Erklärung dieser Erscheinung ist leicht. Parallel von unten fallende Strahlen erleiden mit Ausnahme der Centralstrahlen beim Uebergang aus dem dichteren Medium in die Luft eine Brechung, welche sie vom Axenstrahl bedeutend ablenkt, sie treffen also früher als sonst die Peripherie der Luftkugel und erlei-

den beim Austritt abermals eine Brechung, wodurch sie vom Axenstrahl so weit divergirend werden, dass sie gar nicht ins Objectiv, also auch nicht ins Auge gelangen können. Aehnlich ist es bei aller in Flüssigkeit eingeschlossener Luft. Noch heutzutage ist die Luft der Stein des Anstosses. Wir finden weitläufige Erörterungen über dunkle Materie, die in den Hautdrüsen abgesetzt seyn soll, und Theorien, die darauf gebaut sind, und wenn wir genau zusehen, ists nur die in der Spaltöffnung eingeschlossene Luft, die den Beobachter geneckt. Nun giebt es zwar Mittel genug, um sich zu überzeugen, dass man nur Luft vor sich hat, z. B. Wasser, welches die Luft bald einsaugt, Aetzkali, Alkohol, Terpenthinöl u. s. w., von einem gewandten Beobachter muss man aber verlangen, dass er schon durch den blossen Anblick Luft von fester Substanz unterscheiden könne. Auch als dunkler Saft in den Intercellulargängen ist die darin enthaltene Luft beschrieben worden. Dagegen hat man Luft gesucht, wo nie welche zu finden. Noch in sehr vielen Handbüchern heisst es, die Oberhautzellen enthalten Luft. Ein Blick durchs Mikroskop und einige Elementarkenntnisse der Optik genügen, um zu zeigen, dass bei keiner gesunden lebenden Pflanze in den Oberhautzellen etwas Anderes als eine Flüssigkeit enthalten ist, die mit dem Wasser fast gleiches Brechungsvermögen hat. Aber dergleichen Dinge werden hingeschrieben und wieder abgeschrieben, und kein Mensch denkt daran, nach der Richtigkeit und Begründung zu fragen.

Ganz ähnlich erscheinen Oeltröpfchen unter dem Mikroskop, nur mit dem Unterschied, dass der schwarze Rand beim Oel ganz schmal ist, weil der Unterschied der Brechungsexponenten zwischen Luft und Wasser grösser ist, als der zwischen Oel und Wasser, und daher eine grössere Menge von Strahlen beim Luftbläschen für die Beobachtung durch die Brechung verloren gehen. Die Erklärung ist hier dieselbe wie bei der

Luft, nur dass die Strahlen wegen des grösseren Brechungsvermögens des Oels grade den entgegengesetzten Weg nehmen.

Auch andere dickflüssige Substanzen, z. B. Schleime, nehmen in Flüssigkeiten, mit denen sie sich weder mischen, noch in welchen sie sich auflösen, verschiedene Formen an, die meistenstheils von ihrer Adhäsion an andere Gegenstände, z. B. an den Objectträger bedingt sind und dann faden- oder membranenartig sind; dagegen wenn sie mehr isolirt ihrer eignen Cohäsion überlassen sind, der Kugelform sich annähern.

II. Auf ähnliche Weise giebt es aber auch allgemein verbreitete Processe, mit denen man bekannt seyn muss, um sich in vorkommenden Fällen nicht durch dieselben täuschen zu lassen. Zuerst gehören hierher gewisse Bewegungen.

1) *Rob. Brown*, der geniale englische Botaniker, machte zuerst die wichtige Entdeckung, dass alle Stoffe, organische und unorganische, wenn sie in hinreichend kleinen Körnchen in einer Flüssigkeit suspendirt sind, in einer beständigen zitternden oder wimmelnden Bewegung sind, ähnlich einem Monadenhaufen, den man bei schwacher Vergrösserung ansieht. Die Bewegung ist sehr schwer zu charakterisiren und man kann sie nur durch öftere Beobachtung scharf auffassen und von andern ähnlichen Bewegungen unterscheiden lernen. Sie ist besonders häufig in Pflanzentheilen, z. B. an dem feinkörnigen Inhalt der Pollenzellen beobachtet worden und hier für etwas Besonderes, eigenthümlich Lebendiges ausgegeben, was sie doch gar nicht ist. Ueber den Grund dieser Bewegungen wissen wir noch gar nichts. Aber wahrscheinlich sind kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen die Ursache.

2) Eine andere Bewegung, die man oft zu beobachten Gelegenheit hat, ist diejenige, welche entsteht, wenn sich zwei sehr verschiedenartige Flüssigkeiten, die eine bedeutende Verwandtschaft zu einander haben, z. B.

Wasser und Alkohol oder Wasser und Iodlösung mit einander mischen. Dabei findet gewöhnlich ein lebhaftes Strömen oft in ganz entgegengesetzten Richtungen statt.

3) Ein dritter Fall ist der, wenn Flüssigkeiten rasch verdunsten. Dabei findet meist ein doppelter Strom statt, nämlich ein oberer vom Rande nach dem Mittelpuncte des Tropfens und ein unterer vom Mittelpunct nach dem Rande zu.

4) Ferner sind zwei Vorgänge noch zu beachten, die vielfach zu Täuschungen Veranlassung geben; das eine ist die Auflösung. Da wir die meisten Gegenstände in eine Flüssigkeit getaucht beobachten, so kann es nicht fehlen, dass dieselbe für manche Objecte ein Auflösungsmittel ist. Die dadurch hervorgerufenen Bewegungen und Formenveränderungen müssen wir ebenfalls für das, was sie sind, zu erkennen im Stande seyn. Das andere ist die Coagulirung, welche ebenfalls durch die Einwirkung der umhüllenden Flüssigkeit auf die zu untersuchenden Stoffe hervorgerufen wird. In dieser Beziehung muss man ganz besonders bei Untersuchung organischer Körper äusserst vorsichtig seyn, indem durch solches Coaguliren oft scheinbare Bildungen hervorgerufen werden, von denen die Natur nichts weiss. Die Hauptregel ist hier die, immer organische Gegenstände so frisch als möglich zu untersuchen, und das Bild, welches sich beim ersten Anblick zeigt, unbedingt allen andern vorzuziehen und als Norm anzusehen, sobald man sich durch öftere Wiederholung der Beobachtung überzeugt hat, dass man beim ersten Blick richtig auffasste. *Meyen* hat häufig solche Coagulirungen des Schleims und anderer Stoffe als Formen (Zellen) beschrieben und abgebildet, z. B. Physiologie III. Taf. X. Fig. 6. Eben so *Mirbel sur le cambium etc.* Taf. XX Fig. 2 *s.*

Endlich müssen wir hier noch die zweite oben erwähnte Aufgabe, welche wir der exorbitanten allgemeinen Anforderung substituirten, hervorheben, nämlich dass der mikroskopische Beobachter, so wie er sich zu

irgend einer Untersuchung anschickt, sich erst aufs allergenaueste mit allem bekannt mache, was über den bestimmten Gegenstand seiner Untersuchung bereits beobachtet und bekannt geworden ist.

Möglichst vielseitige Auffassung desselben Gegenstandes.

Wir kommen nun, um mich eines medicinischen Ausdrucks zu bedienen, zu der zweiten Indication, nämlich zur möglichst vielseitigen Auffassung eines und desselben Gegenstandes. Hierbei müssen wir vorläufig uns überhaupt mit der Zubereitung eines Objects zu mikroskopischen Beobachtungen beschäftigen und dann zusehen, wie wir dem gehörig zubereiteten Object möglichst viele Seiten abgewinnen, um aus allen einzelnen Anschauungen durch Vereinigung ein klares Bild zu construiren. Bei der Beobachtung opaker Objecte hat die Sache am wenigsten Schwierigkeiten, da man hier den Gegenstand nur auf irgend eine beliebige Weise im Focus des Objectivglases oder der einfachen Linse befestigt. Man legt ihn einfach in der passenden Lage auf ein Glastäfelchen und dieses dann auf den Tisch des Mikroskops. Oder man fasst ihn zwischen die kleine Zange, die gewöhnlich jedem Mikroskop beigegeben wird, wodurch man den Vortheil erlangt, ihn unterm Mikroskop umdrehen und von allen Seiten betrachten zu können.

Schwieriger dagegen wird die Sache beim Beobachten transparenter Objecte, die doch meistentheils der Gegenstand genauerer wissenschaftlicher Untersuchungen sind. Selten ist hier der Gegenstand schon an sich so durchsichtig, dass man ihn unvorbereitet unter das Mikroskop bringen könnte. Oft hilft hier aber schon das Befeuchten mit Wasser, oder mit einer andern Flüssigkeit, z. B. Baumöl, ätherischem Oele, canadischem Balsam u. s. w. Meist wird man gezwungen seyn, von dem Gegenstand zarte Abschnitte zu verfertigen, die, wenn sie dünn genug sind, immer auch die gehörige Transparenz haben, da es namentlich unter den organischen Körpern, und auf diese kommt es doch hier vorzüglich an, gar keinen völlig undurchsichtigen Körper giebt. Für die An-

fertigung solcher dünnen Schnitte hat man ein Instrument erfunden, welches indess nur für sehr wenige Gegenstände sich eignet und auch bei diesen nur Unvollkommenes leistet [1]). Es bleibt hier nichts übrig, als sich durch Uebung die nöthige Geschicklichkeit zu erwerben, um aus freier Hand gehörig feine Schnitte machen zu können. Man bediente sich früher dazu ganz allgemein der anatomischen Scalpelle, später wurden ganz dünne zweischneidige Klingen in Art der Impfmesser empfohlen. Ich habe gefunden, dass ein gutes Rasirmesser mit gehörig schwerer Klinge das beste Instrument ist, da es sich am sichersten führen lässt; man schneidet damit entweder aus freier Hand, oder indem man das Object zwischen Daumen und Zeigefinger einklemmt und dann mit dem Messer zwischen beiden durchschneidet. Auf diese Weise erhält man von sehr kleinen Gegenständen leicht einen sie genau halbirenden Durchschnitt; man nimmt dann eine Hälfte auf dieselbe Weise zwischen die Finger und schneidet auf gleiche Weise eine dünne Platte von der Schnittfläche ab. Bei sehr zarten und dünnen Objecten, z. B. Haaren, Moosblättern u. s. w., klebt man den Gegenstand mit etwas Oel oder Speichel auf den Daumennagel, setzt die Schneide des Rasirmessers quer auf und macht damit die Bewegung des Schaukelpferdes; indem man zugleich leise gegen die Daumenwurzel vorrückt, so erhält man leicht eine Menge dünner Abschnitte, von denen immer einige völlig brauchbar sind. Diese zweckmässige Methode ist, so viel ich weiss, zuerst von Herrn *Corda* angegeben. Eine schlimme Schwierigkeit, die hier zu überwinden ist, liegt in der Weichheit des Gegenstandes, die dem Messer so wenig Widerstand entgegensetzt, dass auch die schärfste Klinge mehr zerreisst und quetscht, als schneidet. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, habe ich eine Methode ersonnen und oft mit

1) Vergl. *Valentin*, Repertor. Bd. IV. (1839) S. 30.

grossem Vortheil angewendet, und namentlich ist sie von mehreren meiner Freunde mit Glück bei der Untersuchung thierischer Substanzen benutzt worden. Man bereitet nämlich von möglichst reinem und farblosen, arabischen Gummi eine sehr concentrirte Auflösung, weicht den zu untersuchenden Gegenstand darin ein und lässt ihn ganz davon durchdringen; dann befestigt man ihn leicht auf einem Brettchen und lässt ihn so völlig austrocknen, indem man noch einigemale etwas Gummilösung darauf giesst. Noch ehe er so trocken ist, dass das Gummi seine glasartige Sprödigkeit wieder angenommen hat, macht man dann von dem Object die erforderlichen zarten Schnitte, die man dann auf einem Glasplättchen mit etwas Wasser befeuchtet; dabei zieht das Gummi Wasser an, und der Gegenstand nimmt fast ganz vollkommen seine frühere Gestalt wieder an.

Bei den allergenauesten Untersuchungen reicht aber ein solches Präpariren aus freier Hand nicht mehr aus. Auch ist es bei vielen Gegenständen gar nicht um Durchschnittsansichten zu thun, sondern um eine Zerlegung des Gegenstandes in die einzelnen Theile, aus denen er organisch zusammengesetzt ist. Hier müssen wir dann schon das Mikroskop zu Hülfe nehmen, um den Gegenstand gehörig zu präpariren. Man bedient sich zu dem Ende am zweckmässigsten des einfachen Mikroskops, welches, besonders wenn man Wollaston'sche oder Chevalier'sche Doppellinsen anwendet, noch selbst bei 200maliger Vergrösserung Spielraum genug zwischen Object und Linse gewährt, um mit sehr zarten Instrumenten arbeiten zu können. Das Compositum hat hier einmal den grossen Nachtheil, dass es umkehrt, also eine sehr schwierige Uebung zu entgegengesetzter Bewegung verlangt, und zweitens dass man von den arbeitenden Händen zu weit entfernt ist, was der Sicherheit der Bewegung so sehr Abbruch thut, dass kaum etwas mehr, als ein Zerreissen oder Zerquetschen des Gegenstandes auf gut Glück möglich ist. Das grösste Hinderniss beim

Präpariren unter dem Mikroskop sind aber die Instrumente. Natürlich werden diese eben so sehr wie der Gegenstand vergrössert und da findet man bald die Gränze, wo keine Spitze mehr fein genug ist, um noch mit Schärfe die Theile des Objects trennen zu können. Man bedient sich am besten dazu abgenutzter Staarnadeln, die man sich auf einem feinen Schleifsteine selbst anschleift und dann die Schneide und Spitze unter dem Mikroskop betrachtet, oder zu ganz feinen Operationen auf passende Weise gefasster englischer Nähnadeln, die man auf dieselbe Weise sich fein anschleift. Die andere Schwierigkeit ist leichter zu überwinden, dass nämlich die Hand nicht an so zarte Bewegungen gewöhnt ist, wie sie schon bei 50—60maliger Vergrösserung nöthig werden; hier überwindet einige Uebung bald die Hindernisse.

Nach dieser Vorbetrachtung wende ich mich zu den Methoden, wodurch wir den zu betrachtenden Gegenstand in möglichst verschiedene Verhältnisse bringen, um dadurch die Zahl der Anschauungen zu vergrössern. Man kann hier die optischen, mechanischen, chemischen und physikalischen Hülfsmittel unterscheiden. Man könnte sie im Allgemeinen mikroskopische Reagentien nennen.

1. *Die optischen.*

Zuerst ist hier zu bemerken, dass man sich nie darauf beschränken sollte, einen Gegenstand, den man genau kennen lernen will, nur mit einer Vergrösserung zu beobachten. Es ist immer rathsam, von den schwächern Vergrösserungen anzufangen und so allmälig zu den stärkeren fortzuschreiten. Schon deshalb ist dies Verfahren zweckmässig, weil sich bei den stärkern Vergrösserungen nothwendig auch verhältnissmässig das Gesichtsfeld verkleinert, und es doch zum Verständniss stets nothwendig ist, eine klare Anschauung aller einzelnen Theile in ihrem Zusammenhange zu haben.

Zweitens gehört hierher der Wechsel der Beleuchtung, wovon schon oben genügend geredet ist.

Drittens ist es oft von Nutzen, einen Gegenstand in gefärbtem, oder noch besser in monochromatischem Lichte zu betrachten; man erreicht dies dadurch, dass man entweder zum Objectträger gefärbtes Glas wählt, oder dass man zur Beleuchtung eine Spirituslampe anwendet, deren Docht man vorher mit Kochsalz getränkt, oder bei der man den Spiritus möglichst verdünnt hat; beides giebt nach *Brewster* ganz homogenes gelbes Licht.

Viertens endlich ist es in manchen Fällen zweckmässig, den Gegenstand in polarisirtem Lichte zu betrachten, zu welchem Ende man einen Krystall, der dazu geeignet und zweckmässig geschliffen ist, unter dem Tisch des Mikroskops befestigt. Hierüber muss man sich doch mit einem Techniker verständigen; ich überhebe mich daher weiterer Bemerkungen [1].

2. *Mechanische.*

In vieler Hinsicht vortheilhaft ist es zu sehen, wie sich ein Gegenstand bei Anwendung des Druckes verändert. Früher hatte man zu diesem Zwecke den sogenannten Pressschieber. Dabei hatte man aber den Nachtheil, dass man nur das Resultat, nicht aber die allmälige Wirkung des Druckes beobachten konnte. In neuerer Zeit bedient man sich statt dessen des nach seinem Erfinder benannten Purkinje'schen mikrotomischen Quetschers, auch wohl in der von *Schiek* verbesserten Form. Hierbei kann man die allmälige Wirkung des Druckes sehr bequem unter dem Mikroskrop betrachten. Dies Instrument ist von *Purkinje* überschätzt, von *Meyen* mit Unrecht ganz verworfen worden. Er ist vielleicht das einzige Mittel, um ein kleines Kügelchen von einem Bläschen zu unterscheiden, welche letztere eine Zeitlang ohne zu existiren eine grosse Rolle in den botanischen Handbüchern spielten.

3. *Chemische.*

Im höchsten Grade wichtig sind für die Bestimmung

1) Vergl. *Chevalier des microsc. et de leur usage pag. 125—128.*

unseres Urtheils die verschiedenen Erscheinungen, die ein Körper bei Anwendung chemischer Reagentien gewährt. Auch kommt es gar häufig vor, Stoffe ihrer chemischen Natur nach bestimmen zu müssen, die in Organismen in geringer Menge eingeschlossen sich nicht mechanisch von denselben so trennen lassen, dass man eine chemische Analyse damit anstellen könnte. Hier bleibt denn nichts übrig, als unter dem Mikroskop selbst die Agentien einwirken zu lassen[1]). Die vorzüglichsten derselben sind:

1) Iodtinctur. Besonders für das Sichtbarmachen sehr durchsichtiger Objecte und die Bestimmng vegetabilischer Stoffe brauchbar.

2) Schwefelsäure zur Zerstörung gewisser Theile.

3) Fettes Oel, am besten Mandelöl. Aetherisches Oel (Spieköl), Alkohol und Aether, und canadischer Balsam, um Gegenstände durchsichtig zu machen, Fett- und Harzarten aufzulösen, die Stoffe zum Gerinnen zu bringen, z. B. Eiweiss.

4) Zuckerwasser, Gummilösung und Eiweiss, um die Endosmose und die dadurch bewirkten Formänderungen zu verhüten.

5) Aetzkalilösung zum Zerstören gewisser Theile.

6) Essigsäure, Salpetersäure, Salzsäure zum Auflösen mancher Stoffe.

Bei achromatischen Mikroskopen hat man die letzten unter Nr. 6 genannten Reagentien möglichst zu vermeiden und jedenfalls das Object mit einem Glasplättchen zu bedecken, da die verdunstenden Säuren gar leicht das sehr empfindliche Flintglas angreifen.

4. *Physikalische.*

Hin und wieder kann es vorkommen, dass es von Interesse ist, die Wirkung namentlich der Wärme und Elektricität auf gewisse Objecte unter dem Mikroskop

1) Vergl. Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops u. s. w. von Dr. *J. Vogel.* Leipzig 1841.

zu beobachten. Man hat dazu eigne Vorrichtungen nöthig. Für die Anwendung der Wärme bedarf man sehr gut abgekühlter Glasplatten, die man an einem Ende mittelst einer kleinen Spirituslampe erwärmen kann, ohne dass sie springen, oder sehr dünne am besten aus einer Kugel ausgesprengte Glasplättchen, die man locker in eine messingne Fassung legt und diese dann erwärmt. Für Beobachtung der elektrischen Wirkung hat man einen eignen kleinen Objecttisch, an dessen beiden Seiten zwei kleine Gabeln bewegliche Stückchen einer Glasröhre tragen, durch welche Drähte gehen, die mit dem einen Ende auf den Objectträger reichen, am andern Ende ein Häkchen haben, um die Leitungsdrähte anzuhängen.

Bei Anwendung aller der genannten Hülfsmittel und Beachtung der mitgetheilten Warnungen und Winke wird man im Stande seyn, manche Irrthümer zu vermeiden, die nur zu häufig noch jetzt in botanischen Werken vorkommen. Aber bei alle dem muss ich doch noch die Hauptregel wiederholen, wer mit Glück beobachten will, muss viel und mit angestrengter Aufmerksamkeit beobachten, damit er allmälig sehen lerne, denn Sehen ist eine schwere Kunst.

§. 12.

Gebrauch der Inductionen.

Ich habe mich im Vorstehenden bemüht, einige Anweisung für die richtige Methode der Sammlung der Thatsachen zu geben; aber mit der Thatsache allein sind wir noch nicht zur Wissenschaft gediehen. Hier soll das Ganze der Thatsachen überblickt, dieselben geordnet und mit Hülfe leitender Maximen, welche aber vorläufig in der Wissenschaft nur aus ihren eignen schon bekannten Gesetzen und den Gesetzen der andern physikalischen Wissenschaften abzuleiten sind, vermittelst Induction zu Gesetzen verarbeitet werden. Hier ist es durchaus nothwendig, wenn wir nicht dem Begriff der

Wissenschaft untreu werden wollen, dass wir streng auf innere Consequenz halten, dass, was wir an einer Stelle als wahr und richtig begründet einmal anerkennen, auch durch die ganze Wissenschaft in allen seinen Consequenzen als gültig anerkannt wird. Freilich schliesst diese Anforderung auch die andere in sich ein, dass wir überhaupt Alles aus der Wissenschaft entfernen, was sich hinsichtlich seiner Begründung nicht legitimiren kann. Ich muss hier besonders darauf aufmerksam machen, dass die Pflanze einen Theil der äusseren Natur ausmacht und dass sie ebenso wie alles Uebrige in derselben ausnahmslosen Gesetzen unterworfen ist. Wenn wir hin und wieder behaupten hören, für den Organismus gelte kein Gesetz, sondern nur Regel und Ausnahme, so ist das nur ein Beweis von Geistesträgheit, die die Anstrengung ernsten wissenschaftlichen Nachdenkens scheut, und von grosser Oberflächlickeit und Unklarheit im Auffassen des Begriffs der Naturwissenschaft. Wer freilich sich die Naturgeschichte definirt als die Lehre von den natürlichen Körpern, sofern sie symmetrisch sind, von dem ist nicht viel Besseres zu erwarten. Regel ist in der Wissenschaft ein blos durch combinatorische Methode gefundenes Gesetz, bei der wir vorläufig eine Ausnahmslosigkeit vermuthen. Jede Ausnahme, die bekannt wird, hebt aber den wissenschaftlichen Werth der Regel ganz auf und sie behält nur noch mnemonischen Werth für Erleichterung der Uebersicht. Für die wissenschaftliche Betrachtung zerfällt durch eine bekannt gewordene Ausnahme Alles wieder in getrennte nebengeordnete Thatsachen, deren gesetzmässige Ableitung aus höheren Thatsachen erst aufs Neue gesucht werden muss. Der am häufigsten vorkommende Fall, der auch am meisten Gelegenheiten zu Verwirrungen in der Wissenschaft giebt, ist der, dass man wegen einiger Thatsachen ein Gesetz aufstellt, und nun, wenn neue Thatsachen widersprechend hinzukommen, sich aus seiner selbstgemachten Beschränkung nicht herausfinden kann, und statt einzusehen,

dass man das Gesetz durch Nebenbestimmungen zu eng gefasst, und statt es durch Weglassung derselben umfassender zu machen, lieber auf die wunderlichste Weise die widerstrebenden Thatsachen zurechtzupft, um sie dem einmal ausgesprochenen angeblichen Gesetze anzupassen. Die Geschichte der Lehre von der Saftbewegung, von der Ernährung, von der Fortpflanzung, aber auch die morphologische Betrachtung der Gewächse, z. B. das angebliche Gesetz der Dreizahl bei Monokolyledonen, der Fünfzahl bei Dikotyledonen, dessen eigensinniges Festhalten uns mit dem baaren Unsinn eines idealen Aborts [1]) beschenkte, und so vieles Andere liefern hier die glänzendsten Belege. Für den Gebrauch der Induction lässt sich nun freilich keine Regel geben, da hier fast Alles dem glücklichen Griff des Genies anheimfällt; wir können nur fordern, dass die Induction gehörig orientirt sey, dass wirklich schon nach einem Gesetze gefragt werde und man nicht da Gesetze aufstellt oder Erklärungen versucht, wo man leicht einsehen kann, dass es noch an aller Grundlage für Induction fehlt. Die zweite Regel ist die, dass man die einfachsten Fälle zum Grunde legt und aus dem Einfachen das Complicirtere ableitet und nicht umgekehrt das Leichtere aus dem Schwierigern erklären will. Die ganze Betrachtungsweise der Kryptogamen ist dadurch so verschroben und confus geworden, dass man sie aus den Phanerogamen zu erklären suchte. Drittens müssen wir verlangen, dass ein durch Induction gefundenes Gesetz vollständig alle Fälle erkläre, und dass das, was unter dem Gesetz stehen soll, auch völlig dasselbe ausfülle, so dass es nicht zu viel und nicht zu wenig erkläre. Im letzteren Fall treten eben wieder Ausnahmen ein, die

1) Ein nur der Idee nach vorhandener Gegenstand in der Naturwissenschaft ist ein Unding, mit dem Hegel'sche oder Schelling'sche Confusionsräthe sich beschäftigen mögen. Der klare Kopf will die Wissenschaft von dem, was wirklich ist, nicht von dem, was seyn könnte, wenn dieser oder jener Herr Doctor die Welt erschaffen hätte.

ein neues Gesetz zu ihrer Erklärung verlangen, und wir müssen noch ein drittes Gesetz suchen, dem wieder beide untergeordnet sind. Das Gesetz ist also unbedingt als das richtigere anzunehmen, welches alle Fälle gleich erklärt, nach dem bekannten Gesetz der Sparsamkeit in der Natur.

§. 13.

III. Oeffentliche Darlegung der wissenschaftlichen Resultate.

III. Ich will nun schliesslich noch einige Bemerkungen über die öffentliche Darlegung der in der Wissenschaft gewonnenen Resultate geben, wobei auch Manches anders seyn sollte, als es ist.

Ganz unwillkürlich richtet man an manches Buch die Frage, warum bist du denn da? Wenn man nun dadurch sich an die Vorrede gewiesen fühlt und diese nachliest, findet man sicher eine vortreffliche Auseinandersetzung von der Zeitgemässheit oder dem allgemein gefühlten Bedürnisse entweder der Sache selbst, oder doch dieser für eigenthümlich ausgegebenen Form und Einkleidung. Man bleibt aber häufig bei dem Argwohn stehen, dass das eigentlich zwingende Bedürfniss für den Verfasser ein rein subjectives gewesen sey. Doch um diesem Argwohn zu entgehen, ist eben die Vorrede geschrieben und damit der Kritik das Recht gegeben, alle ihre ernsten Ansprüche an das Buch geltend zu machen. Nun glaube ich wird mir gewiss Jeder, der sich durch unsere neuere botanische Literatur durchgearbeitet hat, recht gern eingestehen, dass die Hälfte aller erschienenen Bücher nicht nur ohne Verlust, sondern etlicher schwacher Seelen willen, die noch an den gedruckten Buchstaben glauben, sogar mit Gewinn für die Wissenschaft ungeschrieben geblieben wären. Wenigstens noch ein Viertheil kommt dazu, die einen oder den andern guten Gedanken, der in zwei Zeilen zu sagen gewesen wäre, in einer geschmacklosen Brühe durch ganze Bände hindurch ziehen, und endlich von dem letzten Viertheil,

die auch materiell wirklich viel Gutes bringen, sind noch viele, die es in einer so traurigen Form vorbringen, dass man ihnen allen Beruf zur Schriftstellerei absprechen muss. Wenn der Engländer in einer einfachen Zeitungsanzeige seine Muttersprache verunstaltet, so trifft ihn öffentliche Verhöhnung und Spott; wir Deutsche dagegen, kaum erst vom Unsinn des scholastischen Latinismus genesen, glauben uns wenigstens das Recht vorbehalten zu müssen, in unsern wissenschaftlichen Büchern Mustersammlungen zum Corrigiren für deutsche Sprachschüler zu liefern; von halbwegs blühendem, schönem Styl ist ohnehin selten die Rede. Man lese nur das unbeholfene und so häufig grammatisch, besonders aber syntaktisch fehlerhafte Deutsch, das z. B. *Meyen* schreibt, Anderer nicht zu gedenken, die sich aus dem Canzleistyl von 1790 immer noch nicht herausfinden können, oder sich statt dessen, wie *Hoffmann* sagte, aufs Ueberschwengliche gelegt haben. In dieser Beziehung sind uns Engländer und Franzosen unendlich voraus, bei denen man stets eine correcte, gebildete und schöne Sprache findet, während wir in unserer albernen Nachäfferei eher fünf fremde Sprachen richtig lernen, ehe wir unsere eigne Muttersprache nur erträglich reden und schreiben können. Aber auch abgesehen von der Sprache ists in vielen Büchern eine leidige Noth mit der Form. Wie wenige Schriftsteller, die ihren Stoff denkend bewältigt haben, die klar und besonnen Thatsache und Raisonnement, Induction und Polemik, Lehre und Geschichte neben einander zu ordnen wissen, bei denen nicht alle diese Elemente verwirrend durch einander laufen. Welche Mühe kostet es nicht oft auch bei Männern von berühmtem Namen herauszufinden, was sie wollen, was denn eigentlich ihre Meinung über einen bestimmten Gegenstand sey; da werden Gründe für und wider erörtert, dann etwas Geschichte mitgetheilt, dann ein Schriftsteller widerlegt und vielleicht gleich darauf einige für ihn sprechende Thatsachen beigebracht, und endlich ist man durch und

sucht vergebens nach einem Urtheil des Verfassers; nicht als ob er grade durchaus entscheiden sollte, aber auch nicht einmal eine Erklärung darüber findet man, ob er die Sache für spruchreif hält oder nicht und wie die eigentliche Aufgabe scharf zu fassen sey. Oft kann man selbst den Argwohn nicht unterdrücken, dass der Verfasser absichtlich sich hinter dieser Verwirrung verstecke, damit man ihn nicht bei irgend einer bestimmten Ansicht festhalten könne. Insbesondere aber wird das ewige Wiederkäuen all des alten historischen Wustes lästig. Dem in die Wissenschaft Eingeweihten ist es unnütz und langweilig, dem Schüler zeitraubend und verderblich, weil er vor lauter guten und schlechten Meinungen der Schriftsteller gar nicht zur Sache selbst gelangt. Auf jeden Fall sollte bei guter Anordnung des Stoffes das Dogmatische vom Historischen gänzlich getrennt seyn, aber ich sehe überhaupt nicht ein, weshalb man es aus den Lehrbüchern nicht ganz herauswirft. Wo fällt es denn dem Zoologen, dem Mineralogen, dem Chemiker und Physiker ein, bei jeder Einzelnheit die Literatur dreier Jahrhunderte wieder mit einzuschwärzen und dem Leser für frische Waare zu verkaufen? Besonders verwerflich ist aber das endlose Wiederholen längst abgethaner Irrthümer mit allen Gründen und Gegengründen. Diese gehören nicht der Darstellung der Sache und selbst nicht einmal der Geschichte der Wissenschaft an (indem diese nur die fortschreitende Entwickelung der Lehren zu geben hat), sondern lediglich der Geschichte des menschlichen Geistes, insofern hier auch von seinen Verirrungen Rechenschaft zu geben ist. Ich habe schon erwähnt, wie wir eine Menge Bücher besitzen meistens von jüngeren Leuten, in welchen Eine aufgefundene Thatsache, Ein neuer Gedanke gemissbraucht wird, um mit Hülfe tüchtiger Compilation ein ganzes Buch zu fabriciren und in Umlauf zu bringen; gewöhnlich soll dann die matte Entschuldigung, dass das Eigenthümliche hauptsächlich in der neuen An-

ordnung des Stoffes liege, die Dürftigkeit des materiell Brauchbaren entschuldigen. Aber wie traurig würde man da getäuscht werden, wollte man sich darauf einlassen. Von allen unsern Handbüchern der Botanik weiss ich ausser *Linné's Philosophia botanica* und etwa *Lindley's Introduction to botany* kein einziges, welches halbwegs auf das Prädicat einer consequenten systematischen Einheit und einer durchdachten formellen Durcharbeitung und Anordnung des Stoffes Anspruch machen könnte, und wohl gemerkt, ohne dass dieser Mangel aus der Mangelhaftigkeit des Stoffes vom Verfasser selbst gerechtfertigt würde, der im Gegentheil meist sich stellt, als sey die Wissenschaft schon fertig und vollkommen in seinem Besitz. Auch bei den bessern Schriftstellern findet sich die unglückselige Leidenschaft, sich nicht mit dem zu begnügen, was man wirklich leisten kann, sondern auch der angeblichen Vollständigkeit wegen das aufzunehmen, worüber man nichts weiss. Die Sucht, über Alles eine Meinung zu haben und zu äussern, man könnte wohl sagen, die Monomanie, Systeme zu schreiben, wo wir uns sagen sollten, dass wir von dem ganzen zu bearbeitenden Felde noch nicht den hundertsten Theil übersehen, hat viel Noth und Leid in unsere Wissenschaft gebracht. Aber man bringe einmal einen Irrthum wieder aus der Wissenschaft heraus, der erst durch hundert gedruckte Bücher durchgegangen, das ist fast schwerer, als die ganze Wissenschaft neu erfinden.

„Besonders macht sich das Falsche dadurch stark, dass man es mit oder ohne Bewusstseyn wiederholt, als ob es wahr wäre“ [1]).

Die Gründe für den bemerkten Fehler sind meistens Eitelkeit und Selbstgefälligkeit, aber auch bei dem, der sich davon frei weiss, kann es vorkommen, dass er Falsches für wahr, nicht Gewusstes für gewusst vorträgt,

1) *Goethe*, Zur Naturwissenschaft und Morphologie. Bd. II. S. 114.

weil er ebenfalls nicht streng genug die Elemente seines Wissens sichtet, ehe er sie veröffentlicht.

„Es ist eine schlimme Sache, die manchem Beobachter begegnet, mit einer Anschauung sogleich eine Folgerung zu verknüpfen und beide für gleichgeltend zu achten" [1]).

Dieser Fall ist nur zu häufig und begegnet oft selbst dem redlichsten Forscher, wenn er nicht ein Hülfsmittel dagegen hat, um seiner Redlichkeit gegen sein ungetreues Gedächtniss zu Hülfe zu kommen. Dies Hülfsmittel finden wir in der Botanik im wissenschaftlichen Zeichnen. Es ist fast ganz unmöglich, dass Jemand irgend etwas Bedeutendes in den höhern Theilen der Botanik leisten wird, der nicht selbst zeichnen kann. Für die Auffassung anschaulicher Formen leistet auch die beste Beschreibung niemals das, als eine auch nur rohe Zeichnung. Hieran hat man aber zugleich den sichern Rückhalt gegen alle Vermengung von Beobachtung und Schlussfolge. Alle ungenauen Erinnerungen kann man augenblicklich durch den Anblick der Zeichnung verbessern. Die Zeichnung selbst aber kann man so lange mit dem Objecte vergleichen und sie umändern, bis sie dasselbe vollständig, d. h. nicht mehr und nicht weniger wiedergiebt. Auf diese Weise sind wissenschaftliche Zeichnungen die sicherste Grundlage für alle Fortschritte der Wissenschaft und dadurch eben gewinnen sie ihren hohen Werth. Weit sind wir aber noch davon entfernt, alle die Anforderungen richtig zu würdigen, welche an eine wissenschaftliche Zeichnung zu machen sind. Die erste der vollkommenen Treue ist schon früher erörtert worden und am leichtesten zu erreichen, wenn der Beobachter nur Redlichkeit besitzt. Unbedingt für Unredlichkeit ist es aber zu erklären, wenn er schematische oder aus dem Gedächtniss angefertigte Zeichnungen ohne ausdrückliche Bemerkung die-

Botanische Zeichnungen.

1) *Goethe*, a. a. O. S. 118.

ser ihrer Eigenschaft veröffentlicht [1]). Die zweite Anforderung ist die, dass sie reinlich und deutlich das wiedergebe, was die Natur gezeigt hat. Beide Anforderungen kann man aber auch an jeden Botaniker mit Recht machen; wer das Messer so gut zu führen versteht, dass er etwas Rechtes präparirt, dessen Hand ist auch gewandt genug, dass er es in Kurzem mit dem Bleistift und zur Noth mit etwas Tuschfarbe darstellen kann, dazu braucht man gar kein Künstler zu seyn. Ja es ist sogar zweckmässiger, dass der Darsteller kein Künstler ist, damit nicht durch die Kunst der Ausführung den Abbildungen ein ganz unnöthiger Schmuck verliehen werde. Denn an alle wissenschaftliche Abbildungen ist noch eine dritte Anforderung zu stellen, die ihre Veröffentlichung betrifft. Eben weil die Abbildungen die sicherste Grundlage für die Fortbildung der Wissenschaft und das fast unerlässliche Hülfsmittel für die Mittheilung anschaulicher Verhältnisse sind, sollte man auch dafür sorgen, ihre Verbreitung so sehr wie möglich zu erleichtern und Alles von ihnen zu entfernen, was nicht dazu dient, ihre wissenschaftliche Brauchbarkeit zu sichern. Wir brauchen kein Album für das Boudoir einer Standesdame und solche Werke, wie *Bateman's* Orchideen, Herrn *Corda's* Pilzflora sind gradezu sinnlose Verschwendungen. Das erstere Werk hat fast gar keinen wissenschaftlichen Werth, weil nicht einmal Analysen der Blumen gegeben sind. Was aber in Herrn *Corda's*

1) Hierzu gehört auch, dass Abbildungen nicht von Andern copirt, sondern nach der Natur gezeichnet seyn sollen. Es treiben sich in unsern Büchern mit Abbildungen Hunderte von Figuren herum selbst der alltäglichsten Dinge, die man an jedem Stengel sehen kann, die oft allem Andern ähnlich sehen, als der Natur, weil sie zum Theil seit dem Kieser'schen Werk aus einem Buch ins andere copirt, dabei natürlich immer ein wenig verändert sind, dass oft die wunderbarsten Sachen herauskommen. Besonders scheint mir ein solches Verfahren bei Männern tadelnswerth, die so ausgezeichnet schön nach der Natur zeichnen wie *Bischoff* und nicht minder gut präpariren. Sollte ein solcher Mann nicht Besseres liefern können, als Copien der steifen und schematischen Figuren vergangener Zeiten?

Werk (wenn's von einem Andern herrührte) Werth haben könnte, liesse sich ebenso vollständig auf so vielen Octavblättern mittheilen, als jetzt Royal-Foliobogen vergeudet sind.

Und damit schliesse ich diese Bemerkungen über Methode in der Botanik, deren fast nur aphoristische Weise ich allein damit entschuldigen kann, dass eine vollständige und gründliche Bearbeitung dieser Lehre bei dem gänzlichen Mangel an Vorarbeiten meine Kräfte zur Zeit noch bei weitem übersteigt. Ich dachte aber, was nie angefangen wird, wird auch nie seiner Vollendung näher gebracht werden.

Grundzüge

der

wissenschaftlichen Botanik.

Allgemeiner Theil.

Erstes Buch.

Botanische Stofflehre.

Erstes Capitel.

Von den anorganischen Bestandtheilen.

§. 14.

Die in den Pflanzen bis jetzt aufgefundenen chemischen Elemente sind folgende:

1) Kohlenstoff (*C.*); 2) Wasserstoff (*H.*); 3) Sauerstoff (*O.*); 4) Stickstoff (*N.*); 5) Chlorine (*Cl.*); 6) Iodine (*I.*); 7) Brom (*Br.*); 8) Schwefel (*S.*); 9) Phosphor (*P.*); 10) *Silicium* (*Si.*); 11) *Kalium* (*K.*); 12) *Natrium* (*Na.*); 13) *Calcium* (*Ca.*); 14) *Magnium* (*Mg.*); 15) *Aluminium* (*Al.*); 16) *Ferrum* (*Fe.*); 17) *Manganium* (*Mn.*); 18) *Cuprum* (*Cu.*).

Die genannten Stoffe kommen in der Pflanze in sehr verschiedenen Verhältnissen vor. Kohlenstoff ist von allen der wichtigste und verbreitetste. Er bildet gleichsam das Skelet, die feste Grundlage der Pflanze, denn bei vorsichtigem Verkohlen kann man beinahe die ganze Textur der Pflanze bis in ihre feinsten Theile unversehrt erhalten, während man fast alle Stoffe bis auf den Kohlenstoff vertreibt. Auch bei der freiwilligen Zersetzung der Pflanzen bleibt er am längsten unverändert und man erkennt an Braun- und Steinkohlen oft noch vollkommene Pflanzenstructur, in einzelnen Fällen sogar Familie und Geschlecht, aus welchen sie stammen. Frei kommt der Kohlenstoff aber nirgends in der Pflanze vor.

Wasserstoff und Sauerstoff bilden mit dem Kohlenstoff die meisten nähern Bestandtheile der Vegetabilien und häufig, besonders in den wichtigern Stoffen, in dem Verhältniss verbunden wie sie Wasser bilden. Sauerstoff kommt auch frei in Flüssigkeiten gelöst in der Pflanze vor. Auch Wasserstoff in den Pilzen.

Stickstoff in Verbindung mit den vorigen bildet einige wichtige Substanzen. Ob er frei vorkommt, bei den Pilzen, ist wohl noch nicht ganz ausgemacht.

Chlor, Iod und Brom kommen wohl nur als Salzbilder in der Pflanze vor. Ersteres besonders in Strand- und Steppenpflanzen, die beiden letztern nur in den Meerpflanzen.

Schwefel und Phosphor finden sich in den meisten Pflanzen als Schwefel- und Phosphorsäure (letztere besonders häufig in den Saamenhüllen der Gräser); beide auch in einer noch nicht bestimmten Form und Verbindung in einigen Pflanzen, besonders den Cruciferen. Wahrscheinlich hängt von gasförmigen Verbindungen dieser Stoffe mit Wasserstoff der fötide Geruch faulender Pflanzen aus der genannten Familie ab. Sollten nicht auch Spuren von Selen zu finden seyn?

Silicium kommt fast in allen Pflanzen als Kieselerde vor, oft in auffallend grosser Menge, z. B. bildet sie bei

Equisetum limosum	—	94,85
„ *arvense*	—	95,48
„ *hiemale*	—	97,52
Calamus Rotang	—	97,20

der ganzen Asche [1]). Wo Kieselerde sehr vorwaltend ist, wie in der Rinde und Oberhaut der grösseren Gräser, der rohrartigen Palmen und der Schachthalme, zeigt die Asche bei vorsichtigem Verbrennen noch so vollständig die Formen und Structurverhältnisse der Pflanze, dass man selbst die mikroskopischen Theile genau unterscheiden kann [2]). Die Kieselerde besteht dabei aus kleinen Blättchen, Körnchen oder Nadeln, oft durch das Glühen zusammengesintert; zerstört man dagegen einen solchen Pflanzentheil durch concentrirte Schwefelsäure, so erhält man die Kieselblättchen u. s. w. frei und unzusammenhängend, was zugleich beweist, dass nicht das Silicium, wie *Reade* [3]) will, mit der Pflanzenmembran chemisch verbunden, oder gar selbst organisirt wird, was freilich auch sonst ein ganz unhaltbarer Gedanke ist.

1) u. 2) *H. A. Struve de silicia in plantis nonnulla. Diss. inaug. Berol. 1835.*

3) *London and Edinburgh phil. Mag. and Journ. 1837 Nov.*

Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Aluminium, Eisen, Mangan und Kupfer kommen nur als Oxyde mit Säuren verbunden in den Pflanzen vor, die ersten 7 in sehr verschiedenen Verhältnissen vielleicht in allen Pflanzen, Kupfer, so viel bis jetzt bekannt, nur in wenigen.

Einer alten Volkssage nach, die besonders in Norddeutschland zuweilen noch gehört wird, soll das Lindenholz Gold enthalten [1]).

Ueber den Ursprung der genannten Stoffe in der Pflanze, insbesondere über die Beantwortung der Frage, ob die Metalle von aussen in die Pflanze aufgenommen oder dnrch den Vegetationsprocess aus den zuerst genannten vier Elementen gebildet werden, ist unter Chemikern und Physiologen jetzt nur eine Ansicht, dass nämlich in der Pflanze kein einfacher Stoff vorkommen kann, wenn er nicht von aussen her aufgenommen war. Die entgegengesetzte Ansicht von *Reade* [2]) kann heutzutage nur als Curiosität aufgeführt werden, die kaum der Widerlegung durch die Arbeiten von *Saussure*, *Davy*, *Lassaigne*, *John*, *Jablonsky* [3]) u. A. bedarf. Auch ist nicht wohl einzusehen, was die berliner Akademie bewogen haben kann, das einzige sehr rohe Experiment *Schrader's* und das meist höchst confuse Raisonnement *Neumann's* zu krönen, welche Beide, freilich unterstützt durch *Braconnot*, hauptsächlich die verkehrte Ansicht in Gang brachten [4]). Bedenkt man, wie gering bei den meisten Pflanzen die Aschenmenge ist, und wie ungeheuer die Wassermenge, die sie im Verlauf ihrer Vegetation aufsaugen und wieder ausdunsten, so kann man leicht einsehen, dass schon eine im Wasser kaum durch die empfindlichsten Reagentien nachzuweisende Menge von Salzen genügt, um die Pflanze hinlänglich zu versehen.

§. 15.

Die genannten Elemente bilden unter einander binäre Verbindungen, von denen folgende für die Pflanzen die wichtigsten sind:

1) Vergleiche auch *A. v. Humboldt Florae Fribergensis specimen. Berol. 1793 p. 134.*

2) Vergleiche a. a. O.

3) *Jablonsky de conditionibus vegetationi necessariis quaedam. Diss. inaug. Berol. 1832.*

4) Vergleiche auch oben S. 78.

a) Sauerstoffverbindungen, vor allem Wasser (Aq, HO oder $\dot{\text{H}}$) und Kohlensäure (CO^2 oder $\ddot{\text{C}}$), dann Oxalsäure ($\bar{\text{O}}$ oder $\dddot{\text{C}}$), die andern Sauerstoffsäuren, endlich die Oxyde der genannten Metalle.

Von den angedeuteten Stoffen ist Wasser der wichtigste. Ohne Wasser giebts kaum einen chemischen Process, geschweige denn ein Pflanzenleben, die meisten Pflanzen enthalten es in bedeutender Menge, so dass z. B. *Ceratophyllum demersum* aus 0,90 Wasser und nur 0,10 fester Substanz besteht.

Kohlensäure ist ebenfalls weit verbreitet, mit dem Wasser die Hauptnahrung der Pflanzen und kommt häufig frei im Saft aufgelöst in der Pflanze vor, bei Nacht fast in jeder Pflanze, bei Tage auch in reifenden Früchten, den Luftwurzeln u. s. w. In Folge der Athmungs- und Verbrennungsprocesse an der Erde ist die Atmosphäre eine unerschöpfliche Quelle von Kohlensäure für die Pflanzen.

Oxalsäure wie es scheint beständig durch die in der Pflanze vorgehenden chemischen Verbindungen und Zersetzungen erzeugt, findet sich wahrscheinlich in allen Pflanzen, frei kommt sie z. B. in den Saftflanzen der Gärtner, bei Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen u. s. w. und in den Drüsenhaaren von *Cicer arietinum* vor.

b) Wasserstoffverbindungen, besonders Ammoniak (NH^3, oder NH^3), dann die Chlor, Iod - und Bromwasserstoffsäuren.

Ammoniak ist wahrscheinlich für alle in der Pflanze vorkommenden Stickstoffverbindungen die Quelle des Stickstoffs; frei kommt es schwerlich irgendwo vor, als höchstens in den äussersten Zellen, oder gleich nach seiner Aufnahme. Das Regenwasser führt aus der Atmosphäre den Pflanzen beständig Ammoniak zu [1]).

§. 16.

Die im vorigen Paragraphen erwähnten Säuren und Oxyde treten zu Salzen zusammen, von denen sehr viele in den Pflanzen gefunden werden, theils in den Säften

1) Vergleiche den interessanten Abschnitt in *Liebig*, Organische Chemie u. s. w. Braunschweig, 1840. S. 64 ff.

aufgelöst, theils auskrystallisirt. Die wichtigsten sind die Alkalien mit Pflanzensäuren, Chlor, Brom und Iod verbunden, vielleicht mit Schwefelsäure und Phosphorsäure, ob mit Kohlensäure, ist wenigstens höchst zweifelhaft, ferner die Erden mit Pflanzensäuren, besonders Oxalsäure, mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, endlich die Metalle, meist wohl nur in noch unbestimmten Verbindungen. Die meisten Salze finden sich in den lebhafter vegetirenden grünen Theilen, Blättern u. s. w., weniger im Holze (*Saussure*). Eine bestimmte Quantität dieser Salze scheint für das Leben der Pflanze unentbehrlich.

Schon die älteren ausgezeichneten Untersuchungen von *Fourcroy* und *Vauquelin* [1]) haben nachgewiesen, dass wohl der grösste Theil der in der Asche gefundenen kohlensauren Salze erst durch das Verbrennen aus pflanzensauren Salzen entstanden sey. Dabei zeigten sie, dass fast alle Pflanzen:

1) Essig und äpfelsauren Kalk enthalten, natürlich in den Pflanzenzellen aufgelöst;

2) Citronensauren und weinsteinsauren Kalk, der entweder als saures Salz, oder in fester Gestalt in der Pflanze vorhanden seyn muss.

3) Oxalsauren Kalk, natürlich in fester Form.

Alle diese finden sich in der Asche als kohlensaure Salze vor, welche fast ganz fehlen, wenn man vor dem Glühen die Pflanze nach und nach durch kaltes, kochendes Wasser und diluirte Salzsäure erschöpft hat.

Die Alkalisalze finden sich natürlich alle aufgelöst in der Pflanze, die in Wasser unlöslichen Erdsalze kommen in fester Gestalt und zwar stets krystallisirt in den Zellen vor. Genauer untersucht ist bis jetzt Folgendes. Am allgemeinsten verbreitet ist der oxalsaure Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint, in manchen aber in ungeheurer Menge vorkommt. Ein Stamm von *Cereus senilis* enthielt nach Abzug des Wassers

0,855 oxalsauren Kalk,
0,145 Pflanzensubstanz und übrige unorganische Bestandtheile.

1) *De la Métherie Journ. de Physique et de Chim. Tome 68 (1809) pag. 429.*

Die Krystallform des oxalsauren Kalks ist das quadratische Oktaeder und das rechtwinklige, vierseitige Prisma (im zwei- und einaxigen System), es kommen sowohl die Grundformen für sich, als auch fast alle erdenklichen Combinationen vor. Man kann folgende Vorkommnisse unterscheiden: [1])

1) Feine nadelförmige Krystalle (*Rhaphides De Cand.*) als Combination eines sehr langen Prismas mit einem Oktaeder, dessen Fläche bald wie beim Zirkon, bald wie beim Hyacinth mit den Flächen des Prismas verbunden sind. Diese liegen in Bündel zu 20 — 30 in einer Zelle, die sie fast ganz ausfüllen, zusammen, in fast allen Pflanzen, z. B. *Phytolacca decandra.*

2) Grössere einzelne Krystalle, entweder die vorige Form und dann oft sehr lang, z. B. *Agave americana*, oder die Grundformen oder Combinationen von Oktaedern, sowohl erster und zweiter Ordnung, als auch von zwei bis drei stumpferen oder spitzeren (diese letzten Formen besonders schön zwischen dem Pollen vieler Caladieen, im Parenchym alter *Tradescantia*stengel).

3) Grössere Krystalle entweder einem anderen Krystall oder einem organischen Kügelchen so aufgewachsen, dass sie eine förmliche Druse bilden, kommen am meisten vor, und es möchte schwerlich eine phanerogame Pflanze zu finden seyn, die nicht zu irgend einer Zeit des Jahres solche Krystalldrusen enthielte, so dass es fast unnöthig erscheint, einzelne zu nennen. Beispiele geben alle Cacteen.

Nächst dem oxalsauren Kalk ist wohl der kohlensaure und zwar als Kalkspath der häufigst vorkommende. Er findet sich in verschiedenen Krystallgestalten, gewöhnlich in reinen Rhomboedern, z. B. in den Cycadeen, vielen Cacteen und in den Blättern der *Costus*arten.

Endlich ist auch schwefelsaurer Kalk bestimmt an seinen Krystallformen in den Pflanzen zu erkennen als zwei- und eingliedriges Oktaeder, in Tafelform als Oktaeder oben und unten durch die Endflächen des Prisma abgeschnitten, endlich besonders charakteristisch in den Zwillingsformen gleich den Gipskrystallen vom Montmartre. Letztere finden sich namentlich in den Musaceen und vielen Scitamineen.

Solche Krystalle finden sich, wie schon bemerkt, in allen phanerogamen Pflanzen, nur bei den Kryptogamen sind sie verhältnissmässig seltener, doch kommen sie auch hier bei *Chaetophora*, *Hydrurus* und *Chara*, aber nicht in den Zellen,

1) Auch der durch Niederschlag künstlich gebildete oxalsaure Kalk ist niemals amorph, wie *Valentin*, *Repertorium* Bd. II. S. 30 Nr. 5 behauptet hat, sondern stets krystallisirt.

sondern in den Intercellularräumen, bei *Polysperma* und *Spirogyra* dagegen auch in den Zellen vor. Bei den Phanerogamen liegen sie stets in Zellen (auch die Drusen in den Luftgängen von *Myriophyllum*) [1], ausserdem aber kommen mehr formlose krystallinische Massen, besonders von kohlensaurem Kalk in den Lufthöhlen und auf den Blättern von *Lathraea* und bei vielen *Saxifraga*arten, z. B. *Aizoon*, *longifolia etc.* an den Rändern der Blätter als wahre Excrete vor.

Geschichte. Der Entdecker der Krystalle in den Pflanzen ist *Malpighi*, der die Drusen aus einer *Opuntia* abbildet (*Anatome plant.* Taf. XX. Fig. 105 E). Die nadelförmigen Krystalle entdeckte *Jurine* (*Journ. de Physique* 56). *Meyen* (Phytotomie, Physiologie und sonst), sowie *Unger* (Annalen d. wiener Museum B. 1. S. 3) lehrten die verschiedenen andern Formen kennen. *Buchner* lieferte die erste chemische Analyse und glaubte (wahrscheinlich wegen mangelhafter Untersuchung) phosphorsauren Kalk gefunden zu haben. *Raspail* zeigte zuerst, dass sie meist aus oxalsaurem Kalk beständen, was freilich schon längst von *Scheele* für die Rhabarberwurzel nachgewiesen, aber vergessen war. *Turpin's biforines* sind Zellen in den Scheidewänden der Luftgänge bei Aroideen, die ein Bündel nadelförmiger Krystalle enthalten und wegen ihres Gehalts von Gallerte im Wasser durch Endosmose platzen. In Deutschland waren sie längst bekannt.

Die pflanzensauren Salze der Alkalien und alkalischen Erden, welche wie bemerkt in allen Pflanzen vorkommen und in der Asche als kohlensaure Salze gefunden werden, scheinen für jede Pflanzenspecies eine bestimmte Quantität der Basis in Anspruch zu nehmen, so nämlich, dass die Sauerstoffmenge aller Basen, die mit Pflanzensäuren verbunden sind, sich stets gleichbleibt. Diese interessante Idee findet sich, obwohl lange noch nicht bewiesen, bei *Liebig* [2]. Es ist wenigstens wahrscheinlich, dass die Pflanzen in ihrem regelmässigen Vegetationsprocess eine bestimmte Quantität Pflanzensäuren bilden, die fernerhin störend auf ihre Vegetation einwirken würden, wenn sie dieselben nicht durch Basen, so weit wie nöthig ist, neutralisiren könnten. Dass die Cacteen viel freie Oxalsäure erzeugen, ist leicht zu beob-

1) *Meyen* Physiologie Bd. 1 S. 241 scheint die feine, die Drusen einschliessende Membran übersehen zu haben.

2) Organische Chemie S. 88 ff. Nur einigermassen mit der Organisation der Pflanzen bekannt, muss man aber recht herzlich über den Unsinn S. 91 lachen, wo es heisst: „dass der kleesaure Kalk in den Flechten den fehlenden Holzkörper, die Holzfaser ersetzt“.

achten; dass sie eine grosse Menge Kalk aus dem Boden aufnehmen müssen, um gut zu gedeihen, ist ebenfalls bekannt, beide Stoffe zusammen lagern sich dann aber als fernerhin ganz indifferente Krystalle in den Zellen ab.

Zweites Capitel.

Von den organischen Bestandtheilen.

Erster Abschnitt.

Von den assimilirten Stoffen im engeren Sinne.

§. 17.

Die vier Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff treten noch zu vielen sogenannten organischen oder vegetabilischen Bestandtheilen zusammen, die aber offenbar für das Leben der Pflanze in seiner einfachsten Form einen sehr verschiedenen Werth haben. Zunächst finden wir eine Reihe von Stoffen, die für die Entstehung und Ausbildung der einzelnen Zelle unerlässlich nöthig erscheinen, diese nenne ich insbesondere assimilirte Stoffe.

§. 18.

Einige von diesen sind die Stoffe, aus denen die Zellenmembran selbst besteht, oder die der Bildung derselben nothwendig vorhergehen und nur aus C H O bestehen. Ich nenne hier 1) den Membranenstoff; 2) das Amyloid; 3) die Pflanzengallerte; 4) Stärkemehl; 5) Gummi; 6) Zucker; 7) Inulin; 8) fette Oele.

1) Der Membranenstoff (vegetabilischer Faserstoff, Holzfaser) ist vollkommen ausgebildet, ziemlich zähe, biegsam und elastisch, völlig wasserhell und durchsichtig; völlig unauflöslich in allen bekannten Lösungsmitteln. Mit concentrirter Aetzkalilauge abgedampft oder mit concentrirter Schwefelsäure behandelt,

geht er in Stärkemehl über [1]). Wie alle organischen Substanzen dehnt er sich in der Feuchtigkeit aus und zieht sich beim Trocknen zusammen [2]). Er ist für alle Flüssigkeiten und wirklichen Auflösungen durchdringlich (permeabel), indem er die Flüssigkeiten von der einen Seite aufnimmt, in sich förmlich auflöst und sogleich auf der andern Seite wieder ausscheidet. Im möglichst reinen Zustande analysirt ergeben sich die Formeln:

	C.	H.	O.
Weiden- und Buchsbaumholz nach *Prout*	12.	16.	8.
oder	12.	22.	11.
Verschiedene Zellenmembranen nach *Payen* (*Ann. d. sciences nat.* 1839)	12.	20.	10.

die nur durch den Wassergehalt sich unterscheiden.

Der Stoff kommt in vielen Modificationen vor. Schon im reinen Zustande scheint er nach dem verschiedenen Wassergehalt chemisch verschieden zu seyn, abgesehen davon variirt er bedeutend in seinen physikalischeu Eigenschaften nach Sprödigkeit, Zähigkeit, Dichte, und insbesondere in Hinsicht seiner Durchdringlichkeit für Wasser, die um so geringer zu seyn scheint, je mehr er sich in seiner Natur dem Amyloid und der Gallerte nähert, und es giebt in der That sehr viele Mittelstufen zwischen diesen drei Stoffen [3]).

Im unreinen Zustande, wie er gewöhnlich in den Pflanzen vorkommt, variirt er aber noch mehr durch die beim Durchgehen in ihm abgelagerten Stoffe, oder vielleicht auch wegen der dadurch veranlassten Zersetzungen, besonders ist hier die Farbe sehr verschieden, die vom Farblosen durch Hellgelb bis ins dunkelste Braun (bei Farrenkräutern) übergeht und gelegentlich auch alle möglichen andern Farben zeigt, z. B. in der Saamenepidermis der verschiedenen Leguminosen, goldgelb an den Blättern von *Phormium tenax*, grün bei den Cycadeen u. s. w.

2) Das Amyloid [4]) ist trocken knorpelig, feucht gallertartig, wasserhell, durchsichtig, nur in kochendem Wasser und stärkeren Säuren sowie in Aetzkali, nicht in Aether und Alkohol auflöslich, in concentrirtem Zustande durch Iod blau ge-

1) *Poggendorff's* Annalen Bd. 43 (1838) S. 391.

2) Was *Link, Elementa phil. bot. Ed. I. p. 365* und *Meyen,* Physiologie Bd. I. S. 30 dagegen sagen, ist grundfalsch.

3) Vergleiche *Hugo Mohl,* Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellenmembran durch Iod. Flora 1840.

4) Vergl. *Poggendorff's* Annalen 1839.

färbt, welche Verbindung sich mit goldgelber Farbe in Wasser auflöst. Bildet vielleicht nur die Verdickungsschichten der primären Zellenmembran und ist in dieser selbst nur aufgelöst. Eine chemische Analyse ist nicht vorhanden. Ist bis jetzt nur in den Kotyledonenzellen von *Scholia latifolia, speciosa*, *Hymenaea Courbaril, Mucuna urens* und *gigantea* und *Tamarindus indica* gefunden. Vielleicht gehören hierher viele von den durch *Hugo Mohl* a. a. O. mitgetheilten Beobachtungen.

3) Pflanzengallerte (vegetabilischer Schleim der Chemiker zum Theil, Pectin und Pectinsäure, Bassorin, Salep, *Lichen carraghen*). Dieser Stoff ist trocken hornartig, oder knorpelig, feucht quillt er gallertartig auf und vertheilt sich allmälig völlig in kaltem, süssem Wasser; rein ist er wasserhell, wird von kaltem und heissem Wasser aufgelöst (oder blos darin vertheilt?), ebenso von Aetzkali (vielleicht in eine Säure verwandelt?); gegen Alkohol und Aether, fette und ätherische Oele undurchdringlich; wird von Iod gar nicht gefärbt. Er geht auf der einen Seite durch verschiedene Mittelstufen in den Membranenstoff (durch die Zellenwand der Fucoideen) und in Amyloid (durch einige Arten des *Albumen corneum*), auf der andern Seite in Amylum (durch die Gallerte der Orchisknollen und vielfach in Gummi über. Von den oben genannten Stoffen ist, so viel ich weiss, nur einer analysirt: Pectinsäure nach *Mulder* [1])

C.	H.	O.
12.	16.	10 (?)

Pflanzengallerte bildet die Zellenwände der meisten Fucoideen, des Albumens, der Caesalpinieen, und zum Theil des sogenannten *Albumen corneum*. Sie erscheint ausserdem als Zelleninhalt wie das Gummi; besonders findet sie sich in den Knollen der einheimischen Orchideen und in den Cacteen, einzelne grosse Zellen ganz ausfüllend, und zeigt dann bei den ersten oft auf der Oberfläche ein granulirtes Ansehen, in den Cacteen ist sie dagegen mit wurmförmig gewundenen Linien gezeichnet; ferner erscheint sie als Secretionsstoff in den Gummibehältern, besonders beim Traganth, auch scheint ein Theil der Intercellularsubstanz hierher zu gehören.

4) Stärkemehl (*Amylum*, *Amidon*, Flechtenstärke). Trocken ist die Stärke ziemlich hart, zwischen den Fingern knirschend; feucht etwas gelatinös, aus der Auflösung angetrocknet, anfänglich eine zitternde Gallerte, zuletzt fast glasartig spröde, rein stets wasserhell (auch in den Flechten), völlig rein und

1) *Poggendorff's* Annalen Bd. 44 (1838), S. 432.

frisch aus der Pflanze allmälig im Wasser sich auflösend (oder nur vertheilend? denn die sogenannte Auflösung dringt durch keine Zellenmembran), in der Pflanze gewöhnlich durch von aussen eingedrungenes Wachs, Eiweiss, Schleim oder dergleichen gegen diese Auflösung geschützt. Ist leicht auflöslich in kochendem Wasser, starken Säuren und Alkalien, unlöslich in Alkohol, Aether, ätherischen und fetten Oelen; wird von Iodine blau gefärbt [1]) selbst in der diluirtesten Auflösung. Es scheint durch Mittelstufen, z. B. das Flechtenstärkemehl in Amyloid, durch den von *Henry* in der Macis entdeckten Stoff in Membranenstoff, in Pflanzengallerte, vielleicht auch in Gummi überzugehen. Ueber die chemische Zusammensetzung ist bei den ausgezeichnetsten Chemikern *Berzelius, Liebig* u. A. kein Zweifel mehr, nämlich:

C.	H.	O.
12.	20.	10.

Es bildet die Zellenwand in den Sporenschläuchen der Flechten, und bei einigen, z. B. *Cetraria islandica*, auch in der Rindenschicht des Thallus. Ausserdem kommt es als Zelleninhalt vor und zwar in dreifacher Form:

a) Ganz formlos als Kleister die Wände inwendig auskleidend, bis jetzt nur im *Albumen* von *Amomum Cardamomum* gefunden;

b) In wunderlich geformten stab- oder knochenförmigen, oft ganz unregelmässigen, unförmlichen Stücken in dem Milchsaft der Euphorbien.

c) In bestimmt geformten Körnern. Man kann hier wiederum mehrere Typen unterscheiden.

aa) Die verbreitetste Form ist die, welche am ausgebildetsten in der Kartoffel vorkommt. Es besteht hier jedes Korn aus übereinanderliegenden, völlig ringsum geschlossenen Schichten, die von Innen nach Aussen immer dichter und, wie es scheint, wasserleerer werden. Im Innern bemerkt man eine runde Stelle (von *Fritsche* der Kern genannt), die offenbar mit so wenig dichtem Stoff erfüllt ist, dass sie unterm Mikroskop fast als Höhle erscheint; bei der Auflösung durch Säuren scheint sich dieser Stoff in eine Gasart zu verwandeln und dann absorbirt zu werden. In den Kotyledonen der Leguminosen sind die Schichten überall fast gleich dick, deshalb erscheint der Kern central, bei der Kartoffel sind sie stets an einem Ende bedeutend dünner, so dass der Kern in den meist eiförmigen

2) Iodstärke ist durchaus nicht auflöslicher im Wasser als gewöhnliche Stärke, aber völlig unlöslich in Säuren.

Körnern stark excentrisch liegt, ebenso in den Zwiebeln der Liliaceen, die aber eine Muschelform oder die eines stumpfwinkligen und gleichschenkligen Dreiecks mit abgerundeten Ecken zeigen und bei denen der Kern stets in dem stumpfen Winkel liegt. Der Unterschied der Dichtigkeit der einzelnen Schichten ist besonders gross und auffallend bei den Körnern der Leguminosen, wenn diese daher austrocknen, so zerreissen die innern [1]) Schichten sternfömig. Zuweilen, besonders bei Kartoffeln und Lilien, sind zwei bis vier Körner zusammengewachsen, oft so, dass alle wieder von einigen gemeinsamen Schichten umschlossen sind. In den Knollen von *Aponogeton distachyon*, *Marattia cicutaefolia* und andern findet man fast gar keine einfachen Körner

bb) In dem Rhizom von *Iris florentina* haben die Körner, wenn ich nicht irre, die seltsame Gestalt eines sehr dickwandigen länglichen Bechers.

cc) Bei vielen Scitamineen, namentlich bei den Hedychium-Arten sind die Körner längliche, oft ziemlich unregelmässig umschriebene Platten, auf denen man auch eine excentrische Streifung bemerkt, als wäre sie aus einzelnen Menisken zusammengesetzt; vielleicht entsteht der Schein dadurch, dass die Schalen oben und unten, rechts und links und an einem Ende sehr dünn, am andern aber sehr dick sind.

dd) Grössere oder kleinere linsenförmige (bei den Cerealien) oder kugelige (bei fast allen Pflanzen) Körner, an denen sich keine Schichten unterscheiden lassen, vielleicht weil sie gleich dicht und ganz eng aufeinanderliegend sind.

Stärke ist der verbreitetste Stoff in der Pflanzenwelt. Mir ist keine Pflanze bekannt, die nicht zu irgend einer Jahreszeit mehr oder weniger Stärke enthielte, oft nur in einzelnen Körnern in den Zellen, oft die Zellen in Körnern von der verschiedensten Grösse ganz ausfüllend. Die grössten Körner scheinen nicht über 0,05 Linien im längsten Durchmesser zu haben. Meist lässt sich die Stärke durch Zerquetschen des Zellgewebes und Auswaschen aus den Pflanzen abscheiden, oft nicht, wenn sie zum Beispiel neben sehr vielem Schleim vorkommt, wie bei *Hedychium*; am reinsten scheint die Stärke aus *Maranta arundinacea (Arrowroot)* zu seyn. Man sagt gewiss nicht zu viel, wenn man behauptet, dass Stärkemehl für $^{2}/_{3}$ aller Menschen das wichtigste und fast ausschliessliche Nahrungsmittel ist. Zwar ist es in allen Pflanzen enthalten, aber

1) Niemals die äussere, wie *Link, Element. phil. bot. Ed. II. p. 131* nach flüchtiger Anschauung angiebt.

nicht immer so, dass es zur Nahrung genügend und geeignet ist, oft nicht von andern unangenehmen Beimischungen zu trennen. Gewisse Theile der Pflanzen enthalten am meisten, namentlich das Albumen der Saamen (Cerealien), die Kotyledonen des Embryo (Leguminosen), das Mark des Stengels (Cycadeen und Palmen) [1]), die Zwiebeln (Liliaceen) [2]), die Knollen, Rhizome und Wurzeln aus sehr verschiedenen Familien [3]). In geringerer Menge findet es sich in der Rinde und im Splint der Bäume zur Winterszeit, daher die Möglichkeit, in Polarländern Brot aus Baumrinde zu backen.

Geschichtliches. Das Stärkemehl war schon den Alten bekannt. (*Ἄμυλον διὰ τὸ χωρὶς μύλου κατασκευάζεσθαι Dioscor.) Leeuwenhoek* untersuchte es zuerst in den Pflanzen an Waizen und Bohnen. Später entdeckte *Strohmeyer* die Eigenschaft der Stärke, durch Iod blau gefärbt zu werden. Die erste gute Untersuchung der Formen des Stärkemehls erhielten wir von *Fritsche* [4]), womit die Sache abgeschlossen war, denn nach ihm hat kein Chemiker oder Botaniker etwas bedeutend Neues oder Berichtigendes geliefert, trotz der bändereichen Literatur, die entstanden ist. Daran ist besonders *Raspail* mit seiner nur noch als Antiquität anzuführenden, oberflächlichen Ansicht Schuld gewesen, als bestehe das Stärkemehlkorn aus einer unlöslichen Hülle und einem löslichen Inhalt von verschiedener chemischer Natur. Frankreich hat viel Zeit gebraucht, um von diesem Irrwege zurückzukommen. Als Curiosität erwähne ich hier der neusten Ansicht von *Liebig* [5]): „Wenn reine Kartoffelstärke in Salpetersäure gelöst einen Ring des reinsten Wachses hinterlässt, was kann dem Schlusse des Chemikers entgegengesetzt werden, dass jedes Stärkekörnchen aus concentrischen Schichten Wachs und Amylon besteht, von denen die eine und die andere sich gegenseitig sowohl vor dem Angriffe des Wassers als des Aethers schützen". Diese Gegenseitigkeit bildet ein ergötzliches Seitenstück zum Münchhausen, der sich am eignen Zopf aus dem Sumpf zieht; Wachs oder Stärke, eins muss doch aussen seyn, und abwechselnde Anwendung der genannten Lösungsmittel müsste auf jeden Fall vollständig die Stärke auflösen. Aber die ganze Sache scheint nur ein Versuch des Herrn *Liebig*, wie viel er wohl den so sehr von

1) Sago von *Cycas revoluta*, *Sagus Rumphii* u. *farinifera etc.*

2) *Lilium camschaticum* in Grönland u. s. w. als Nahrungsmittel.

3) Kartoffeln von *Solanum tuberosum*, Cassava von *Jatropha Manichot*, Yams von *Dioscorea sativa*, Taroo von *Arum esculentum etc.*

4) *Poggendorff's* Annalen Bd. 32, S. 129 (1834).

5) Organische Chemie S. 35.

ihm verachteten Pflanzenphysiologen aufbinden könne. Reine Stärke löst sich in diluirten Alkalien, Säuren und kochendem Wasser ohne den geringsten Rückstand auf (Herrn *Liebig's* Wachs etwa auch). Concentrirte Salpetersäure zersetzt aber die Stärke auf mannigfache von Chemikern noch zu wenig untersuchte Weise (das mag Herr *Liebig* von mir oder aus irgend einem chemischen Handbuche lernen), dabei mag sich leicht auch ein wachsartiger Stoff bilden. Es wäre nicht der Mühe werth gewesen, sich so lange bei der Albernheit aufzuhalten, wenn Herr *Liebig* nicht zu grossen Ruf hätte, um ihn stillschweigend zu übergehen.

Für speciellere historische Nachweisungen sind zu empfehlen: *Poggendorff's* Annalen Bd. 37 (1836) S. 123. *Meyen*, Physiologie S. 190.

5) Gummi (Arabin, Dextrin, Pflanzenschleim zum Theil). Im reinen Zustande wasserhell, im trocknen Zustande glasartig spröde, leicht im Wasser auflöslich, ebenso in diluirten Säuren, aber nicht in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen. Wird von Alkohol körnig gefällt, durch Iod blassgelb gefärbt. Es geht durch Cerasin und einige sogenannte Schleimarten in Pflanzengallerte über, gränzt durch Dextrin, das gewiss auch in den Pflanzen vorkommt, an das Stärkemehl. Die Analyse, von *Berzelius* und *Liebig* berechnet, giebt die Formel:

	C.	H.	O.
	12.	22.	11.
nach *Guerin Vary*	12.	20.	10.

Es kommt nur im aufgelösten Zustande im Innern der Zellen vor, aber viel häufiger als Secret in grossen Gummigängen, nicht selten mit Pflanzengallerte gemischt und häufig (so wie es zu technischen Zwecken gesammelt wird fast immer) durch fremdartige Substanzen gelb oder braun gefärbt. Einige Pflanzengruppen zeichnen sich durch grossen Ueberfluss an Gummi aus, z. B. die Mimoseen, die Cycadeen.

6) Zucker. Im festen Zustande und ganz rein, krystallisirt wasserhell, aber leicht auflöslich in Wasser; in einigen Formen unkrystallisirbar und dann meist (durch fremde Beimischungen?) gefärbt, gelb oder braun. In Alkohol wenig, in Aether, fetten und ätherischen Oelen nicht auflöslich, mischt sich nur mit Iodlösung. Die Analysen geben nach den verschiedenen Modificationen verschiedene Resultate:

	C.	H.	O.
Wasserfreie Bleioxydverbindung nach *Berzelius* und *Liebig*	12.	20.	10.
Krystallisirter Rohrzucker uach *Gay L.*, *Thén.*, *Berz.*, *Liebig*	12.	22.	11.

	C.	H.	O.
Traubenzucker aus Trauben, Honig und Stärke nach *Saussure* u. *Prout.*	12.	28.	14.
Ders. aus der krystallisirten Kochsalzverbindung nach *Brunner*	12.	24.	12.

Der Zucker, der sich hauptsächlich durch seinen süssen Geschmack charakterisirt, ist vielleicht auch durch Mittelstufen, z. B. durch Manna mit dem Gummi, durch Sarcocolla mit der Gallerte und den andern genannten Stoffen verbunden, doch kennen wir solche Mittelbildungen noch nicht genug. Er kommt weit in der Pflanzenwelt verbreitet vor, und zeigt sich besonders da, wo Stärkemehl oder die andern vorher genannten Stoffe gebildet werden sollen (unreife Hülsenfrüchte und Cerealien, Frühlingssaft der Bäume, z. B. *Acer*-arten). In grosser Menge und längere Zeit bleibend findet man ihn in den Stengeln der Gräser (*Saccharum officinarum, Holcus saccharatus*), in fleischigen Wurzeln (*Daucus carota, Beta vulgaris*) und in saftigen Früchten (*Pyrus communis, Ribes rubrum etc.*). Natürlich ist er in den Pflanzen immer aufgelöst enthalten; nur wenn er ausgeschieden wird, kommt er, obwohl selten, auch krystallisirt vor (in den Nectarbehältern, z. B. *Fritillaria imperialis*).

7) Inulin (Dahlin, Calendulin, Synantherin, Sinistrin). Ein noch zu wenig bekannter Stoff. Aus Georginenknollen einfach durch öfteres Auswaschen dargestellt, ist es ein feinkörniges Pulver, die Körner wasserhell, leicht auflöslich in kochendem Wasser, aus dem es beim Erkalten sich körnig ausscheidet. Unlöslich in Aether und Alkohol. Wird durch Iod gelb gefärbt. Kaltes Wasser saugen die Körner ein und verschwinden dann unterm Mikroskop dem Auge, weil ihre lichtbrechende Kraft dann der des Wassers gleich ist. Daher die falsche Behauptung (*Link* und *Meyen*), dass das Inulin nur aufgelöst in der Pflanze vorkäme. Die Analysen, welche *Mulder* gegeben, lassen sich ungezwungen nach der Hypothese der Isomerie mit Stärke berechnen:

	C.	H.	O.
Inulin aus *Inula Helenium* und *Leontodon Taraxacum*	12.	20.	10.

Inulin ist schon in vielen Pflanzen aufgefunden, an Stellen, wo sonst Stärke vorzukommen pflegt, z. B. in Knollen und fleischigen Wurzeln (*Inula Helenium, Georgina variabilis*), und ist wahrscheinlich ein sehr weit verbreiteter Stoff.

8) Fette Oele und Wachs. Die allgemeinste Eigenschaft dieser unter sich physikalisch und chemisch sehr verschiedenen Stoffe ist eben ihre Fettigkeit, d. h. die Eigenschaft, auf Papier einen bleibenden durchsichtigen Fleck zu machen und an Wasser nicht zu adhäriren. Ihre Farbe ist sehr verschieden,

wasserhell, gelb und braun. Ausser dem Wachs kann man vielleicht noch zwei fette Stoffe unterscheiden, die in den Oelen in verschiedenem Verhältniss verbunden sind, einen flüssigen, Elain, und einen festeren, Stearin. Beide bilden mit Alkalien Seifen. Alle drei lösen sich in Alkohol, Aether und ätherischen Oelen auf, aber nicht in Wasser. Ihre Analysen haben bis jetzt noch zu keinem Resultat geführt. Die Chemie ist uns hier fast noch Alles schuldig geblieben. Uebergänge in die früher genannten Stoffe sind nicht bekanut (vielleicht das Oelsüss?). Sie sind sehr verbreitet und vertreten häufig die Stelle des Stärkemehls, Oel z. B. in den Kotyledonen der Cruciferen (*Brassica*-arten) der Synanthereen (*Helianthus annuus, Madia sativa*) und vieler anderer Pflanzen, Wachs in den fleischigen Stengeln der Balanophoren [1]).

§. 19.

Andere Stoffe treten zwar weder selbst als Zellenwände auf, noch bildet sich aus ihnen der Stoff der Zellenwände, gleichwohl ist ihre Gegenwart auch für den einfachsten Vegetationsprocess nothwendig. Sie bestehen aus C, H, O und N. Ich nenne sie mit einem Collectivnamen Schleim, die Chemiker geben ihnen verschiedene Namen, z. B. Eiweissstoff, Kleber, Gliadin, Zymom, Leim, Diastase, *Gluten vegetabile etc.*

In allen lebensthätigen Zellen findet sich ausser den genannten Stoffen noch eine halbflüssige, in einander fliessend-körnige Materie von blassgelblicher Farbe, oft ganz flüssig, oft fester, die durch Alkohol ganz körnig wird, mit Iod sich dunkelbraun färbt und nach manchen Erscheinungen sich als ein vielfach veränderlicher Stoff zeigt. Manche Modificationen desselben sind von den Chemikern, vielleicht nie ganz rein, und oft durch den Process der Darstellung schon verändert aus den Pflanzen abgeschieden worden und mit obigen Namen belegt. Alle charakterisiren sich durch bedeutenden Stickstoffgehalt und durch ihre später (§. 20.) zu erwähnende Einwirkung auf die in §. 18. genannten Stoffe. Sie sind in geringerer Menge vorhanden oder fehlen gänzlich in den stärkemehlhaltigen Pflanzentheilen,

1) Vergl. *Göppert,* Bau der Balanophoren in *Act. Acad. Leopold. Carol. Nat. Cur. Vol. XVIII. Supplem. p. 236 et 253.*

die für sich schwer oder gar nicht in Gährung übergehen, z. B. in den Kartoffeln, dem Roggen (*Secale cereale*), der Pfeilwurzel (*Maranta arundinacea*), sie finden sich überwiegend häufig in den leicht gährenden, z. B. in gutem Waizen, dem Wein u. s. w.

§. 20.

Die in §. 18. angeführten Stoffe gehen unendlich leicht in einander über und scheint dazu die Gegenwart des Schleims in der Pflanzenzelle erforderlich. Stufenweis scheinen sie alle Formen zu durchlaufen vom löslichsten, dem Zucker, bis zum unlöslichsten, dem Membranenstoff.

Schon aus der obigen Darstellung und Hinweisung auf die Uebergangsbildungen zeigt sich, dass die im §. 18. aufgeführten Stoffe nicht scharf umschriebene Arten von Materie sind, die so neben einander stehen, wie etwa Schwefelsäure und schwefelige Säure, Eisenoxydul und Oxyd, sondern dass eine ziemlich stetige Reihe von Veränderungen von einem Stoff zum andern überführt; künstlich gelingt es uns bei vielen derselben, sie durch Vermischung mit dem Schleim oder durch Einwirkung von Schwefelsäure, Alkalien, selbst durch leichtere chemische Processe, z. B. wiederholtes Auflösen und Abdampfen in einander überzuführen. Man hat die Eigenschaft des Schleims, der Schwefelsäure u. s. w. in anderen Stoffen chemische Veränderungen hervorzurufen, ohne selbst dabei verändert zu werden, mit *Berzelius* katalytische, mit *Mitscherlich* Contactwirkung genannt, andere Worte, aber ebenso ohne Erklärung, hat *Liebig* dafür gegeben. Vorläufig müssen wir uns damit begnügen, dass es so ist. In der Pflanze, wo, wie gesagt, neben den erstgenannten Stoffen beständig auch Schleim vorkommt und auf jene einwirkt, befinden sie sich in einer beständigen Metamorphose begriffen, von der einige nur auf kurze Zeit sich gleichsam auszuruhen scheiuen. Fast alle jene veränderlichen Stoffe scheinen nach einer gleichen chemischen Formel zusammengesetzt und variiren nur im Wassergehalt. Sollte es nicht sehr wahrscheinlich seyn, dass in ihnen ein gemeinschaftlicher Grundstoff nur durch verschiedene Hydratzustände und durch physikalische Veränderungen in der Dichtigkeit u. s. w. so verschiedene Erscheinungsweisen annähme? Hier ist, wie mir scheint, noch ein grosses Feld für die Chemie und wichtiger als das Auffinden

der vielen für jetzt noch wenigstens sehr gleichgültigen ... *ine* und ... *ide*, woran so viele Chemiker ihre Zeit verschwenden.

Zweiter Abschnitt.

Von den übrigen unter dem Einfluss der Vegetation entstandenen organischen Stoffen.

§. 21.

Von den unzähligen in den Pflanzen vorkommenden Bestandtheilen sind einige zu erwähnen, die eine sehr allgemeine Verbreitung haben und in einer näheren Beziehung zum allgemeinen Vegetationsprocess zu stehen scheinen; dahin rechne ich 1) das Chlorophyll oder Blattgrün; 2) die andern, die Farben der Pflanzen bestimmenden Stoffe; 3) den Gerbestoff; 4) die Aepfel-, Citronen- und Weinsteinsäure; 5) das Viscin; 6) Humus.

1) Chlorophyll (Blattgrün, *faecula viridis*, *chromula*, *Phytochlor*, grünes Pflanzenwachs etc.). Wenn man einen grünen Pflanzentheil zerquetscht und mit Alkohol extrahirt, so erhält man eine grüne Tinctur. Dunstet man, am besten unter der Luftpumpe, zum Trocknen ab, so erhält man eine grüne fettige Masse (die mit Aetzkali eine Seife bildet). Löst man sie in Aether auf, vermischt die Auflösung mit Wasser und lässt den Aether verdunsten, so erhält man etwas weniger schmierige Kügelchen, die grade wie die Tinctur bei auffallendem Lichte grün, bei durchfallendem Lichte burgunderroth erscheinen. Aehnliche Kügelchen scheiden sich aus der weingeistigen Tinctur durch Frostkälte ab. Wenn man die letzte Tinctur mit Wasser vermengt und über Feuer den Alkohol abdampft, so fällt ein Theil der fettigen Substanz nieder, das Wasser aber färbt sich braungelb und erhält einen charakteristischen Geruch nach braunem Thee. So ist das Chlorophyll. Mit Schwefelsäure behandelt wird es entweder nicht verändert oder verkohlt, niemals aufgelöst oder blau [1]. In ätherischen oder fetten Oelen ist es auflöslich.

1) Wie *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, Bonn, 1834, fälschlich angiebt. Vergl. dagegen auch *Hugo Mohl* über die winterliche Färbung der Blätter. Tübingen, 1837.

In allen im Licht wachsenden Pflanzen (Flechten, Pilze, einen Theil der Algen und die ächten Parasiten ausgenommen) findet sich diefer Stoff entweder die Zellenwände gleichförmig oder in spiralligen Bändern (bei *Spirogyra*), oder den körnigen Inhalt der Zelle überziehend [1]). Nur in dem letzteren Sinne ist in der Folge von Chlorophyllkörnern die Rede, da mir Körner, die ganz aus Chlorophyll beständen, nicht bekannt sind. In Bläschen kommt es niemals vor [2]). Dass es aus dem Stärkemehl entsteht [3]), ist eine bis jetzt durch gar nichts unterstützte Fiction.

In heller gefärbten Pflanzen, sowie in braunen findet man in allen übrigen Eigenschaften sich gleichbleibend, denselben Stoff mit gelber oder brauner Farbe. Endlich scheint es auch nur eine gewisse Modification des Chlorophylls zu seyn, welche sich durch Ammoniak in Indigo überführen lässt, wie sie bei *Indigofera*-arten, bei *Polygonum tinctorium, Isatis tinctoria etc.* vorkommt.

2) Die Pflanzenfarben. Bis jetzt sind sie noch wenig genau untersucht. Man kann im Allgemeinen harzartige und wässerige unterscheiden. Die harzartigen finden sich in den Zellen als Kügelchen von gelber (*Fritillaria imperialis*), rother, selten von blauer Farbe (in *Strelitzia farinosa*), sie sind in Alkohol, Aether und ätherischen Oelen auflöslich, vom Alkohol getrennt nicht fettig, sondern harzartig. Die wässerigen finden sich, so viel ich weiss, nur roth (durch eine Säure) und blau (letzteres durch ein Alkali), und stets in Zellensaft aufgelöst (z. B. den meisten rothen Pflanzentheilen, in den Blumen von *Echium vulgare etc.*). Sie sollen alle eine Stickstoffverbindung [4]) enthalten. Es kommen aber noch manche andere Farbestoffe vor, z. B. rothe (*Iberis umbellata*), blaue (Veilchensaft), die durch Alkalien grün werden und chemisch sehr verschieden zu seyn scheinen von den vorigen. Im Ganzen ist hier die Chemie ebenfalls noch zurück.

Geschichtliches. Im Jahre 1834 erschien ein Buch von *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, welches grosses

1) *Hugo Mohl*, Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Tübingen, 1837.

2) *Link*, *Elem. phil. bot. Ed. II.* giebt auch nicht an, wie er sich vom Daseyn der Bläschen überzeugt. Die Sache scheint so hingeschrieben zu seyn.

3) *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 193.

4) Nach *Liebig*, Organ. Chemie S. 66. Wenn *Liebig* nur nicht zu voreilig von Lacmus, welches mit Ammoniak bereitet wird, auf die in der Natur vorkommende Pflanzenfarbe geschlossen hat.

Aufsehen gemacht und von Pflanzenphysiologen und Chemikern um die Wette abgeschrieben ist. Er stellt die Sache so dar: Chlorophyll ist der Mittelstoff, daraus bildet sich durch Wasseraufnahme bei Einwirkung der Alkalien (können die nicht anders wirken, als dass sie zur Wasseraufnahme disponiren?) das *Anthoxanthin*, der Farbestoff der gelben Farbereihe (nach den angegebenen Pflanzen lauter harzartige, also in Wasser unlösliche Stoffe und das durch Wasseraufnahme aus einem wachsartigen Stoff!), durch Wasserentziehung, z. B. durch Schwefelsäure (muss denn diese nur Wasser entziehend wirken?) das *Anthocyan* (nach den angegebenen Pflanzen fast lauter in Wasser auflösliche Farbestoffe durch Wasserentziehung!!). Dabei giebt *Cl. Marquart* an, er habe sich nicht bemüht, die Farbestoffe erst rein darzustellen, da es ihm ja nur auf die Farbe ankomme, und das sagt ein Chemiker, der weiss, dass ein paar Atome Wasser den Eisenvitriol grün, den Kupfervitriol blau färben? Es bedarf keiner grossen chemischen Kenntnisse, um die völlige Unbrauchbarkeit der Arbeit von vorn herein einzusehen.

3) Der Gerbestoff (Gerbsäure, Tannin u. s. w.). In den meisten Pflanzen (besonders Phanerogamen und Farren) kommt mehr oder minder häufig ein Stoff vor, welcher Lacmus röthet, zusammenziehend schmeckt und thierischen Leim in Leder umwandelt. Der Stoff scheint nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden modificirt zu seyn. Er scheint mehr in Zellen mit geringen Vitalitätserscheinungen vorzukommen, z. B. Holz, Borke, früh absterbenden Excrescenzen, z. B. den Gallen, doch auch in vielen Blättern in reichlicher Menge (bei *Thea*, den Ericeen u. a.), hier aber vielleicht auch nur in den Gefässbündeln oder weniger kräftig vegetirenden Zellen (in den perennirenden Blättern). Häufig, z. B. in der Borke haben die Zellen wenig oder gar keinen Inhalt und ich möchte die Vermuthung wagen, dass der Gerbestoff überall nur in der Substanz der Zellenwandung, vielleicht als ein Product des beginnenden Zersetzungsprocesses des Membranenstoffs vorhanden ist. In der lebendigen Zelle kommen wenigstens gar manche Stoffe vor, die neben dem Gerbestoff nicht bestehen könnten, z. B. der Schleim.

4) Die Weinsteinsäure (Weinsäure, *Acidum tartaricum*, $\overline{\text{T}}$.), die Citronensäure (*Acidum citricum*, $\overline{\text{Ci}}$.) und die Apfelsäure (*Acid. malicum*, $\overline{\text{Ma}}$.) finden sich theils einander folgend, theils einzeln in fast allen saftigen, säuerlichen Früchten, und vielleicht sonst auch in vielen säuerlichen Pflanzensäften (z. B. äpfelsaurer Kalk in *Sempervivum tectorum*). Aus dem Reifen

der Früchte scheint hervorzugehen, dass sie in eigenthümlicher Beziehung zum Zucker stehen, leicht aus demselben entstehen und in denselben übergehen. Doch ist hier noch ein weites Feld für genauere Untersuchungen. Die chemische Zusammensetzung der genannten Säuren ist nach *Berzelius* und *Liebig* folgende:

	C.	H.	O.
Weinsteinsäure	4.	4.	5.
Citronensäure	4.	4.	4.
Apfelsäure	4.	4.	4.

5) Das Viscin (Vogelleim) ist bis jetzt von den Chemikern nur in wenigen Pflanzen aufgesucht und untersucht worden, es ist ein wasserheller, sehr klebriger, in Wasser unlöslicher Stoff, der in den Beeren der Mistel (*Viscum album*), im Fruchtboden von *Atractylis gummifera*, in dem Milchsafte der noch grünen Zweige von *Ficus elastica* vorkommt. Man muss aber auch den eigenthümlichen Stoff, der in der Proscolle bei den Orchideen und als fadenartiges Gewebe zwischen dem Pollen derselben Pflanzen vorkommt, sowie die Flüssigkeit, welche die Drüsen am Stigma der Asclepiadeen ausschwitzen, endlich das Product der Drüsen unter den Antheren einiger Apocyneen, z. B. *Nerium Oleander*, hierher rechnen. Untersucht man die Entwickelungsgeschichte dieser Theile, sowie die Bildung des Viscins beim *Viscum album*, so findet man, dass sich überall dieser Stoff durch Auflösung vorhandener Zellen bildet. Bekannt ist, dass bei fast allen freiwilligen Zersetzungsproducten des Membranenstoffes Kohlenstoff in Ueberschuss bleibt, und damit stimmt recht gut die Analyse des Viscins überein, welche besteht:

	C.	H.	O.
Viscin nach *Macaire Prinsep* aus	75,6.	9,2.	15,2.

6) Der Humus (Humussäure, Ulmin, Ulminsäure, Humuskohle, Humusextract, Quellsäure, Quellsatzsäure u. s. w.). Bei freiwilliger Zersetzung vegetabilischer Theile unter Mitwirkung von Wärme und Feuchtigkeit, und anderer Einflüsse entstehen mannichfache Producte, die sich alle durch einen grossen Gehalt an Kohlenstoff, durch ein meist nicht zu Wasser aufgehendes Verhältniss von Wasserstoff und Sauerstoff (bei der Quell- und Quellsatzsäure und einigen andern kommt etwas Stickstoff hinzu), und durch eine braune oder schwarze Farbe charakterisiren, und die nach verschiedenen Zuständen und fremden Beimischungen (?) die obigen Namen erhalten haben, deren Zahl wahrscheinlich noch wachsen wird, ehe man im Stande ist, sie auf wenige reine Grundstoffe zurückzuführen. Alle diese Stoffe finden sich gewöhnlich in den verwitterten

Felsarten, die man Untergrund nennt, in der obersten Schicht beigemengt und eben dies Gemenge ist es, welches man Dammerde zu nennen pflegt.

Die besten neuern Arbeiten darüber sind von *Berzelius* [1]) und *Mulder* [2]).

§. 22.

Ausser den im vorigen Paragraphen Betrachteten finden sich noch eine zahllose Menge von Stoffen in den Pflanzen, die vielleicht zum geringsten Theile bis jetzt bekannt sind und auf das Leben der Pflanze im Allgemeinen von sehr geringem Einfluss zu seyn scheinen. Hierher gehören gewisse von den Chemikern gemachte Classen von Stoffen, z. B. die Pflanzenalkaloide, die meisten Pflanzensäuren, die Harze, ätherischen Oele, Farbestoffe, Kautschuk u. s. w. Die meisten muss man gradezu als Secretionsstoffe ansehen. Alle aufzuzählen wäre hier nicht am Ort. Man vergleiche darüber chemische Handbücher.

Ein grosser Theil der Pflanzensäuren, fast alle Alkaloide, viele Harze, Kautschuk u. s. w. kommen nur in eignen Höhlen (Secretionsbehältern) oder in den sogenannten Milchgefässen, niemals in der Pflanzenzelle vor, andere, wie z. B. ätherische Oele und Harze, finden sich zwar in einzelnen Zellen, füllen dieselben aber dann häufig ausschliesslich aus, wodurch jede fernere chemische Umbildung unmöglich wird, die Zelle also als todt erscheint. Manche unter ihnen können unter Umständen ganz fehlen (z. B. der giftige Stoff des Schierlings bei den Pflanzen der asiatischen Steppen), oder durch andere ersetzt werden, ohne dass die Vegetation der Pflanze darunter im geringsten leidet. Daher glaube ich sie bei der allgemeinen Betrachtung des Pflanzenlebens gradezu als unwesentliche Stoffe bei Seite stellen zu dürfen. Auch liesse sich doch wenig oder gar nichts darüber sagen, weil die Chemie in dieser Beziehung, soweit es nicht die Untersuchung der aus der Pflanze abgeschiedenen und meist schon veränderten Stoffe betrifft, noch nicht einmal angefangen hat vorzuarbeiten.

1) Lehrbuch der Chemie Bd. 8.

2) *Bulletin des sciences phys. et nat. en Neerlande par Miquel, Mulder et Wenkebach. Année 1840. Livr. 1.*

Zweites Buch.

Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Erstes Capitel.

Formenlehre der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich betrachtet.

§. 23.

Nur in einer Flüssigkeit, die Zucker, Gummi und Schleim enthält (*Cytoblastema*), können sich Zellen bilden. Es geschieht auf die Weise, dass sich die Schleimtheile zu einem mehr oder weniger rundlichen Körper (*Cytoblastus*) zusammenziehen und an ihrer Oberfläche einen Theil der Flüssigkeit in Gallerte, einen relativ unlöslichen Stoff verwandeln; so entsteht eine geschlossene Gallertblase, in diese dringt die äussere Flüssigkeit ein, dehnt sie aus, so dass jener Schleimkörper auf einer Seite frei wird, an der andern der innern Wandung ankleben bleibt; er bildet dann eine neue Schicht an seiner freien Seite und wird so in eine Duplicatur der Wandung eingeschlossen, oder er bleibt frei und wird dann meist aufgelöst und verschwindet. Während der allmäligen Ausdehnung der Blase wird dann in der Regel die Gallerte der Wandung in Membranenstoff verwandelt und die Bildung der Zelle (*Cellula*) ist vollendet.

Das Cytoblastem. Ueber die Flüssigkeit, in und aus der die Zellen entstehen, sind wir freilich noch lange nicht im Klaren. So viel wissen wir, dass in einigen Fällen (im Embryosack der Leguminosen) bestimmt eine Zuckerlösung, und, wie aus dem Verhalten gegen Alkohol hervorzugehen scheint, vermischt mit Gummi vorhanden ist. Nothwendig aber ist stets die Gegenwart von Schleimkörnchen, von einer stickstoffhaltigen Substanz und das erscheint auch sehr natürlich nach dem, was oben (§. 20.) über das Verhalten der assimilirten Stoffe zu einander gesagt ist.

Der Cytoblast. In mehreren grösseren Pflanzenfamilien (Orchideen, Cacteen, Balanaphoren u. s. w.) finden wir in jeder Zelle, an der innern Fläche der Wandung befestigt, einen kleinen, meistens planconvexen oder linsenförmigen, scharf umschriebenen Körper, der sich auffallend von allem sonstigen Zelleninhalte unterscheidet. Denselben treffen wir in allem neu entstandenen Zellgewebe an, wenn er auch später in denselben Zellen verschwindet. Er zeigt sich in verschiedener Vollkommenheit. Ganz vollkommen entwickelt ist er ein flach linsenförmiger, scharf gezeichneter, durchsichtiger nur schwachgelblicher Körper, in dem man einen oder zwei, seltner drei scharf gezeichnete deutlich hohle Körperchen, die Kernkörperchen *(nucleoli)* wahrnimmt. Am unausgebildetsten erscheint er blos als ein flaches etwas dunkler gelbes, halb granulöses Kügelchen, dem die Kernkörperchen fehlen, auch später nicht nachwachsen. Nach verschiedenen Pflanzen und Alterszuständen variirt er sehr: in der Farbe vom fast Wasserhellen, kaum Sichtbaren bis zum Dunkel-graugelb; durch Iodine sich von hellgelb bis dunkelbraun färbend; in der Consistenz vom Schleimig-granulösen bis zum Festen, Homogenen; nach der Zahl der Kernkörperchen von eins bis drei; nach der Form derselben von gänzlichem Mangel durch ein einfaches Kügelchen bis zum hohlen Kügelchen; in seiner Form vom Kugeligen zum Flachlinsenförmigen und zur eiförmigen Scheibe; in seiner absoluten Grösse von 0,00009 P. Z. bis 0,0022 P. Z. im Durchmesser; in seiner relativen Grösse von einem Verhältniss, wo er die ihn umgebende Zelle fast ganz ausfüllt bis da, wo er noch nicht den fünfhundertsten Theil der innern Fläche der Zellenwand einnimmt; und endlich hinsichtlich seiner Befestigung an der Zellenwand vom losen Ankleben zur festen Verwachsung und zum völligen Eingeschlossenseyn in eine Duplicatur der Zellenwand. Ausgenommen die Kernkörperchen beziehen sich die ersten Angaben im Allgemeinen auf eine Zeit, wo er seinem Entstehen näher ist.

Wo ich bis jetzt seine Entstehung vollständig beobachten

konnte, im Albumen von *Chamaedorea Schiedeana*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Pimelea drupacea* und vielen Papilionaceen fand ich, dass sich unter den kleinen Schleimkörnchen in der bildungsfähigen Flüssigkeit zuerst einzelne grössere leicht kenntliche Körperchen (*nucleoli*) zeigten, dass sich um diese die andern Körnchen allmälig anhäuften, indem sie mehr oder weniger zusammenflossen und so eine dickere oder dünnere Scheibe bildeten, dass zuweilen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander liegend sich vereinigten und endlich der Cytoblast fertig war, Alles noch ehe sich eine Zelle zeigte. In jüngeren Zellen fand ich häufig den Cytoblasten convexer, körniger, gelber, das Kernkörperchen einfach, in älteren Zellen derselben Pflanze, flacher, homogener, ungefärbter, das Kernkörperchen hohl, z. B. bei den Cacteen.

In den Kryptogamen findet sich dieser Cytoblast selten, doch fast in allen Sporen (bei den Farrenkräutern und verwandten Familien, bei den Moosen, Lebermoosen und Flechten, bei einigen Pilzen) und hin und wieder bei Algen im Zellgewebe, in den Zellen von *Spirogyra* frei in der Mitte der Zelle.

Eine chemische Analyse dieser kleinen Körperchen ist wenigstens zur Zeit noch unthunlich. Bei aufmerksamer Beobachtung überzeugt man sich, dass die Körnchen, aus denen der Cytoblast zusammenfliesst, Schleimkörnchen sind, auch deutet ihr Verhalten zu concentrirter Salpetersäure, wodurch sie goldgelb gefärbt werden, an, dass sie aus einer stickstoffhaltigen Substanz bestehen.

Vollständige Beobachtungen über die Zellenbildung. Wenn die Cytoblasten fertig gebildet sind, zeigt sich sehr bald um sie herum eine zarte, sie einschliessende Membran, die oft ausserordentlich fein und weich, oft dicker und derber ist. Bald erhebt sich diese Membran auf der einen Fläche des Cytoblasten blasenförmig, dehnt sich allmälig weiter aus, so dass bald der Cytoblast nur einen kleinen Theil der Wandung einnimmt. Dieser aber wächst oft noch fort und vergrössert sich ebenfalls an seinem Rande, auch bilden sich die Kernkörperchen häufig schärfer aus. Die Membran des Bläschens oder der jungen Zelle wird dabei allmälig stärker und dicker, gewinnt eine runde, oft längliche Gestalt, zuweilen einen sehr unregelmässigen Umriss, der aber später sich wieder auszugleichen pflegt. An der freigewordenen Seite des Cytoblasten schlägt sich oft (z. B. bei *Fritillaria imperialis*, bei *Chamaedorea Schiedeana*) eine neue Lamelle nieder, die am Rand, wo sie den Cytoblasten überragt, sich genau mit der ersten Zellenwand verbindet und so den Cytoblasten einschliesst; solche Cytoblasten verändern

sich oft nicht mehr. Oft wird der Cytoblast schnell nach Entstehung der Zelle resorbirt, oft bleibt er für das ganze Leben derselben persistent. Die entstandene Zelle besteht anfangs aus Gallerte und löst sich daher leicht in Wasser auf; allmälig ändert sie sich in Membranenstoff um. Ganz vollständig ohne Fehlen einer Zwischenstufe habe ich diesen Vorgang beobachtet im Albumen von *Leucojum aestivum*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Chamaedorea Schiedeana*, *Pedicularis palustris*, *Momordica elaterium*, bei *Lupinus* und vielen andern Leguminosen, im Embryobläschen von *Alisma Plantago*, *Sagittaria sagittaefolia*, *Pedicularis palustris*, *Oenothera crassipes*, *Tetragonia expansa*, in den keimenden Kotyledonen von *Lupinus tomentosus*, in den vielzelligen Haaren von *Solanum tuberosum* und vielen anderen Pflanzen, in den ascis von *Borrera ciliaris* und in der Kapsel von *Blechnum gracile*.

Unvollständige Beobachtungen. Wo die Zellen sehr klein und zart sind, sich bald mit granulösem Inhalt füllen, wo der Theil durch seine Lage das Präpariren erschwert, was Alles bei der Entwickelung einer Blattknospe stattfindet, ist es mir bis jetzt unmöglich gewesen, den ganzen Vorgang vollständig zu verfolgen. Doch sah ich fast überall, besonders nach Anwendung von concentrirter Salpetersäure, wodurch sich die Zellen von einander trennen, oftmals zwei Zellen mit ihren Cytoblasten in Einer Zelle, bei *Gasteria nitida* zwei Cytoblasten lose in einer Zelle, daneben zwei Zellen mit Cytoblasten in einer andern Zelle eingeschlossen. Alles junge Zellgewebe der Phanerogamen ohne Ausnahme lässt den Cytoblasten erkennen. Bei der Entwickelung des Pollens zeigt sich eine mit einer trüben grumösen Flüssigkeit gefüllte Zelle, der trübe Inhalt erscheint später in vier Theile getheilt, um deren jeden sich plötzlich eine ziemlich dicke Haut zeigt. Man könnte diese vier Portionen als grosse Cytoblasten ansehen, wenn sich nicht gleichzeitig mit dem scharfen Vortreten der Haut auch ein anderer chrakteristischer Cytoblast zeigte. Ich beobachtete aber, dass bei *Passiflora princeps* und *Cucurbita Pepo* zur Zeit, wenn die dunkle Masse der Mutterzelle noch ungetheilt war, mehrere (die Zahl konnte ich nicht genau bestimmen) ganz zarte wasserhelle Zellen mit einem ganz kleinen wasserhellen Cytoblasten in jene dunkle Masse eingehüllt vorhanden sind; sollten dies nicht die Pollenzellen seyn, die allmälig von innen heraus den grumösen Stoff einsaugen, in ihrer Höhle wieder granulös niederschlagen, dabei wachsen und nun plötzlich mit dem in vier Portionen getheilten Stoff sichtbar werden; doch gestehe ich trotz aller Mühe keine Mittelstufen beobachtet zu haben.

Folgerung aus den beobachteten Thatsachen. Bis jetzt ist keine Thatsache bekannt geworden, die sich nicht mit dem vollständig beobachteten Vorgange vereinigen liesse; dunkel und unvollständig erscheinen die Vorgänge nur da, wo die Verhältnisse überhaupt der genauen Beobachtung fast unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg legen. Bei den Kryptogamen ist es die Bildung der Sporen, der Grundlage der zukünftigen Pflanze, bei den Phanerogamen der Embryo, d. h. die junge Pflanze selbst, bei der sich der Vorgang vollständig verfolgen lässt. Beide dürfen uns gewiss am sichersten als Anhaltspuncte für analoge Schlüsse dienen; der Vorgang ist von einigen höchst charakteristischen Momenten begleitet, namentlich der Erscheinung der Cytoblasten, und wo Zellen neu entstanden sind, finden wir den Cytoblasten wieder; das Alles, glaube ich, berechtigt uns, jenen Vorgang der Zellenbildung vorläufig, bis uns fernere Untersuchungen eine Modification aufnöthigen, als einen allgemeinen in Anspruch nehmen zu dürfen.

Wenn man ferner die leichte Umwandlung der assimilirten Stoffe in einander betrachtet, wenn man aus den künstlich angestellten chemischen Experimenten den Schluss ziehen darf, dass die stickstoffhaltige Materie, die ich Schleim genannt und die den Cytoblasten bildet, grade die ist, die jene Umwandlungen hervorruft, wenn wir ferner bemerken, dass Zucker und Gummi leichter auflöslich sind als Gallerte, also in Gallerte verwandelter Zucker oder Gummi, wenn nicht zugleich die Wassermenge sich vermehrt, nothwendig sich niederschlagen muss, so erscheint der ganze Process der Zellenbildung als ein einfacher chemischer Vorgang. Das Zusammenhäufen der Schleimkörnchen zu einem bestimmt geformten Cytoblasten können wir freilich bis jetzt noch so wenig erklären, als die Erscheinung, dass aus einer Mischung zweier Salzlösungen grade die eine oder die andere herauskrystallisirt, je nachdem wir einen Krystall des einen oder des andern Salzes hineinwerfen.

Analogien. In einer ausgezeichnet gründlichen und geistreichen Arbeit hat *Schwann* [1]) nachgewiesen, dass auch der thierische Organismus ganz aus Zellen zusammengesetzt ist und dass diese Zellen sich auf ganz gleiche Weise bilden, wie bei den Pflanzen. Wenn das Gesetz für einige Pflanzen und Thiere selbstständig gefunden ist, wie in der That der Fall, so ist allerdings diese Analogie ein wichtiger Grund, diese Bildungsweise als ein allgemeines Gesetz für beide Naturreiche auszusprechen.

1) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839.

In derselben Arbeit giebt *Schwann*[1]) eine interessant durchgeführte Vergleichung zwischen der Bildung des Krystalls und der Zelle, indem er die bei letzterer vorkommenden Verschiedenheiten aus der Natur des Stoffes herleitet, insofern derselbe bei den Zellen für Flüssigkeiten durchdringlich sey. Gewiss wird diese Ansicht noch einmal in Zukunft höchst folgenreich werden müssen, indem sie uns schon jetzt zeigt, wie die scheinbare Kluft zwischen anorganischer und organischer Form keine unüberschreitbare sey. Einen Punct muss ich hier aber noch hervorheben, den *Schwann* übersehen und der gleichwohl noch einen entschiedenen Unterschied begründet. Beim Krystall ist die Materie desselben schon als solche gebildet in der Flüssigkeit vorhanden, und blosses Entziehen des Lösungsmittels genügt, um das Erscheinen des Stoffes in bestimmter Gestalt zu erzwingen; anders aber ists bei der Zelle, wenigstens bei den Pflanzen. Hier ist die organisch als Zelle auskrystallisirende Substanz, um mich dieses Ausdruckes zu bedienen, gar nicht in dem Cytoblastem vorhanden, sie wird durch einen andern nothwendig gegenwärtigen Stoff erst in dem Augenblick gebildet, als sie zur Form übergeht, und die letztere scheint eben dadurch bedingt, dass die neugebildete Substanz wenigstens relativ unlöslich ist.

Um falschen Ansichten vorzubeugen, muss ich hier bemerken, dass die von *Link*[2]) vorgetragene Theorie der Krystallisation, nach welcher die Krystalle aus Zusammenfliessen kleiner Kügelchen entstehen sollen, auf durchweg mangelhafter Beobachtung beruht. Zuerst ist doch wohl natürlich, dass, wenn man das Entstehen der Krystalle beobachten will, man dazu nicht die Präcipitation wählt, die selbst von den Chemikern zu der sogenannten tumultuarischen Krystallisation gerechnet wird, sondern dass man zuerst die Beobachtung bei einfach aus concentrirten Fähigkeiten anchiessenden Krystallen macht. Hier beobachtete man jedesmal, z. B. beim Salpeter, Platinsalmiak, am schönsten und leichtesten beim Zinksalmiak u. s. w., dass der Kernkrystall plötzlich in keinem angebbaren Zeitmoment in der ganz klaren und klar bleibenden Flüssigkeit hervorspringt und dann scheinbar stetig in fast unmerklichen Pulsen durch Ansatz von Aussen fortwächst. Lässt man dagegen unterm Mikroskop zwei Flüssigkeiten, die einen Niederschlag bilden, zusammentreten, so bemerkt man im Augenblick der Berührung das plötzliche Entstehen einer beide Flüssigkeiten trennenden

1) a. a. O. S. 220.

2) *Poggendorff's* Annalen Bd. 46 (1839), S. 258 ff.

Membran. Bei genauer Beobachtung erkennt man, dass diese Membran ganz aus Krystallen besteht, von denen einige gleich deutlich zu erkennen sind, andere bei stärkerer, noch andere bei den stärksten Vergrösserungen sich als Krystalle zu erkennen geben, bis endlich die kleinsten selbst bei den stärksten Vergrösserungen nur als Puncte erscheinen. Stört man die Flüssigkeiten nicht, so wachsen allmälig einige der entstandenen Krystalle an beiden Seiten in die Flüssigkeiten hinein; mischt man aber die Flüssigkeiten rasch, so löst sich ein grosser Theil der Krystalle augenblicklich wieder auf, andere wachsen stetig fort und neue Kernkrystalle entstehen plötzlich an Stellen, wo die Flüssigkeit ganz klar ist. Nach meinen vielfältigen und sorgfältigen Beobachtungen glaube ich überhaupt, dass jede unorganische Materie, wenn sie in den festen Zustand übergeht, augenblicklich Krystallform annimmt, die meisten der sogenannten pulverigen Niederschläge bestehen aus Krystallen und bei andern verbietet die relative Kleinheit überhaupt über ihre Form zu sprechen.

Endlich muss ich hier noch auf eine höchst interessante Analogie aufmerksam machen, die vielleicht, genauer erforscht, dermaleinst uns am sichersten über den Process der Zellenbildung aufklären wird, ich meine die geistige Gährung. Wir haben hier als gegeben eine Flüssigkeit, in der Zucker, Gummi und eine stickstoffhaltige Materie, also Cytoblastem vorhanden ist. Bei der gehörigen Wärme, die vielleicht zur chemischen Wirksamkeit des Schleimes nöthig ist, entsteht hier, wie es scheint, ohne Einfluss einer lebenden Pflanze ein Zellenbildungsprocess (die Entstehung der Gährungspilze), und vielleicht ist es nur die Vegetation dieser Zellen, welche jene eigenthümlichen Veränderungen in jener Flüssigkeit hervorruft. Ob man diese Organismen Pilze oder sonst wie nennen will, ist sehr gleichgültig, ob sie allein den Process der Gährung durch ihren Lebensprocess bedingen, allerdings noch genauer zu untersuchen, wer aber ihre Existenz und ihre Natur als vegetabilische Zellen heutzutage noch leugnet, verdient nur ein mitleidiges Achselzucken als Antwort.

Geschichtliches und Kritisches. Vor der Erfindung und wissenschaftlichen Anwendung des Mikroskops konnte natürlich von einer genaueren Kenntniss der Pflanzenzelle nicht die Rede seyn.

Der erste Entdecker des zelligen Baues der Pflanzen war *Rob. Hooke*, ein Engländer, welcher zuerst die von *Cornelius Drebbel* 1619 nach England gebrachten Mikroskope benutzte [1]).

1) *Hooke, Micrographia. London, 1667 fol.*

Eine genauere Kenntniss von der Structur der Pflanzen erlangten wir aber erst durch *Marcello Malpighi*, Professor zu Bologna, geb. 1628, gest. 1694. Er sandte im Jahre 1670 der *Royal society* sein grosses Werk *Anatome plantarum* ein und dieses wurde 1675 und 79 in zwei Foliobänden auf Kosten der Gesellschaft herausgegeben. Durch dieses Werk erwarb er sich ein unbestreitbares Anrecht an den Namen eines Schöpfers der wissenschaftlichen Botanik. Seine Untersuchungen sind so genau, so von richtiger Methode gestützt, dass fast ein Jahrhundert verging, ehe die Wissenschaft diesem weit vorausgeeilten Manne nur nachkam. Noch jetzt giebt es sogenannte Botaniker, die von der Natur der Pflanze noch nicht einmal so viel wissen, als damals schon *Malpighi* wusste. *Malpighi* erkannte sogleich den zelligen Bau der Pflanze, er sah ein, dass jede Zelle ein für sich bestehender ringsgeschlossener Schlauch sey, den er Utriculus nannte. Ihm folgte *Nehemiah Grew*, Secretair der königlichen Societät der Wissenschaften, dessen *Anatomy of plants* 1682 in einem Foliobande in London erschien. Abgesehen davon, dass auf ihm, der *Malpighi's* Schrift als Secretair der Gesellschaft lange vor ihrer Bekanntmachung benutzen konnte, der Verdacht haften bleiben wird, dass er dem *Malpighi* bei weitem mehr verdankt, als er zugesteht, und dass er die Herausgabe und Anerkennung von *Malpighi's* Werken möglichst verhindert, steht er auch in allem Wesentlichen *Malpighi* weit nach. Er stellte zuerst die falsche Ansicht auf, dass die Wand der Zellen aus Fasern gebildet werde [1]). Auch deutete er durch seinen Vergleich mit Bierschaum vielleicht an, dass er die Zellen für blosse Höhlen in einer homogenen Substanz halte, welche Ansicht später von *C. Fr. Wolff* [2]) schärfer ausgebildet wurde.

Diese doppelte falsche Ansicht hat sich seitdem nicht aus der Wissenschaft verloren, indem wir die letzte noch jetzt bei *Brisseau Mirbel* finden, die erstere aber von *Meyen* wieder neu belebt ist. Beide werden hinlänglich durch die Entstehungsgeschichte der Zelle widerlegt.

Meyen [3]) gründet seine Ansicht hauptsächlich auf die Beobachtung, dass viele sehr zartwandige Zellen eine spiralige Streifung zeigen [4]); wenn er aber sagt, dass diese Zellen unzwei-

1) *Grew Anatomy of plants p. 121, Pl. 40, 38. p. 76 etc.*

2) *Theoria generationis.* Halle, 1774, S. 7.

3) *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 45 ff.

4) *Meyen* hätte übrigens nicht nöthig gehabt, sich dazu eine neue Orchidee von Manilla zu holen. Jede Georginenknolle zeigt diese Erscheinung in höchster Vollkommenheit, ebenso die Rinde der Luftwur-

felhaft allein aus der primären Zellenmembran beständen, so ist das doch gradezu aus der Luft gegriffen, denn die Entwickelungsgeschichte, die allein darüber entscheiden könnte, hat *Meyen* dabei nicht zu Rathe gezogen, diese zeigt aber, dass alle jene Zellen anfänglich homogene ungestreifte Wände haben.

Mirbel [1]) hat seine Ansichten über Entstehung der Zellen als blosse Höhlungen in einer homogenen, sulzigen Masse, die er Cambium nennt, wieder neuerdings ausführlich an der Wurzel von *Phoenix dactylifera* darzulegen versucht. Er ist schwerer zu widerlegen als *Meyen*, besonders wegen der mangelhaften Form seiner Mittheilung, die es Andern unmöglich macht, ihn genau zu controliren. In einem Theil giebt er eine zusammenhängende Erzählung von dem, wie er sich die Sache denkt, ohne dabei auf die Tafeln als eigentliches Ergebniss seiner Beobachtungen Rücksicht zu nehmen, und bei der Tafelerklärung lässt er vieles Vorgestellte wieder unerklärt, auch sind die Bestimmungen der Altersstufen der verschiedenen Fragmente so vage, dass nicht nachzukommen ist. Nur so viel wage ich zu entgegnen, dass zwischen der Rinde (seiner *région periphérique*) und dem äussern Theil des Wurzelkörpers (seiner *région intermédiaire*) im ganzen Leben der Wurzel, und von der äussersten Spitze bis zur Basis niemals eine solche Trennung der Continuität durch eine formlose schleimige Masse (sein *cambium globuleux*) eintritt, wie er sie abbildet, ich sehe stets contuirliches Zellgewebe. Ebenso wenig sind die Streifen, in denen sich die Bastbündel seiner *région intermédiaire* bilden, jemals mit einer solchen Substanz, sondern immer mit Zellgewebe erfüllt, welches sich auch niemals weder im jüngsten noch im ältesten Zustande auf dem Querschnitte so scharf durch die Weite der Zellen von dem umgebenden Zellgewebe absetzt, wie er es abbildet, sondern stetig durch allmälig grössere Zellen in einander übergeht, nur bei völliger Ausbildung unterscheidet sich der Bastbündel durch die Dicke seiner Zellenwände scharf von den benachbarten gleich weiten und stetig in die Parenchymzellen übergehenden Zellen. Vielfach hat er sich auch durch den ganz formlosen Inhalt der Zellen, der im Wasser geronnen war, täuschen lassen. Eine genauere Widerlegung

zeln von *Cereus grandiflorus*, sowie viele andere Pflanzen. Auch die Haare der Mamillarien und Melocacten zeigen dasselbe, wenn man sie trocken betrachtet, die Streifung verschwindet aber beim Befeuchten; wenn sie in ein spiraliges Band zerreissen, so besteht dieses aus 20—30 parallelen Spiralfäden.

1) *Nouvelles Notes sur le Cambium, lues à l'académie des sciences, dans la séance 29. Avril 1839.*

fordert aber noch fernere Untersuchungen, um ihm Schritt vor Schritt folgen zu können.

Andere Beobachtungen über die Entstehung der Pflanzenzelle sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Die meisten Botaniker übergehen den Punct mit Stillschweigen, andere haben nur ein vor der Beobachtung auf jeden Fall völlig überflüssiges Raisonnement. Wie man über die Bedeutung der Zelle sprechen kann, ohne vorher ihre Bildungsgeschichte erkannt zu haben, ist freilich nicht gut einzusehen. Die Frage nach der Entstehung der Pflanzenzelle ist ohne Zweifel der einzige Eingang in ächt wissenschaftliche Pflanzenforschung. *Sprengel's* Phantasien über das Entstehen der Zellen aus Stärkemehlkörnern, ähnlich bei *Dupetit Thouars* und *Raspail*, sowie die von *Turpin* mit ebenso viel Arroganz als Unwissenheit vorgetragenen Ansichten über die Globuline (worunter er jedes in der Pflanze vorkommende Körnchen Stärke, Schleim, Farbestoff u. s. w. versteht), verdienen gar keine wissenschaftliche Beantwortung.

Schliesslich will ich nur noch bemerken, dass *Rob. Brown*[1]) hier wie überall neue Bahnen andeutete, indem er zuerst auf den Cytoblasten, als einen sehr häufig vorkommenden Körper aufmerksam machte; nur hatte er seine Bedeutung für das Leben der Zelle noch nicht erkannt, er nannte ihn *nucleus of the cell*, Zellenkern.

§. 24.

Die frei sich selbst überlassene Pflanzenzelle bildet sich regelmässig kugelförmig aus. Ihre spätern Formen hängen höchst wahrscheinlich von ungleicher Ernährung der einzelnen Theile ihrer Wand und daraus entstehender ungleichen Ausdehnung ab. Man kann hier unterscheiden:

A) Allseitige, oder doch ziemlich allseitige Ernährung. Hierdurch entstehen kugelige oder elliptische Zellen, oder wenn sie sich durch gegenseitigen Druck abplatten, polyedrische Zellen, bei regelmässiger Anordnung dodekaedrische. Ist die allseitige Ausdehnung un-

1) *Obsersations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. Transactions of the Linnean society. London, 1833, p. 710 ff.*

gleichförmig, so entwickeln sich einzelne nach allen Seiten in Strahlen auswachsende Protuberanzen, es entstehen morgensternförmige Zellen.

B) Ernährung in den Dimensionen der Fläche. Dadurch entstehen tafelförmige Zellen, oder wenn die Ernährung in der dritten Dimension von einer Seite hinzukommt, planconvexe Zellen; wenn aber die Ernährung in einer Richtung der Fläche gegen die andere überwiegt, lange, schmale, tafelförmige Zellen, man könnte sie bandförmige nennen. Bei ungleichförmiger Ausdehnung bilden sich strahlige oder sternförmige Zellen.

C) Ernährung nur in einer Richtung, also Ausdehnung in die Länge. Hier bilden sich langgestreckte Zellen vom Cylindrischen oder Prismatischen bis zum Fadenförmigen.

Dass die ungleiche Ernährung ein Hauptgrund für die Formenverschiedenheit der Zellen ist, lässt sich wenigstens überwiegend wahrscheinlich machen; Zellen, die nicht unmittelbar mit Flüssigkeit in Berührung kommen, können nur da ernährt werden, wo sie mit andern Zellen in Berührung stehen, deshalb wächst die Zellenwand, die mit Luft in Berührung kommt, nicht weiter fort und plattet sich bei Ausdehnung der ganzen Zelle allmälig ab, so bei den Oberhautzellen auf der äussern Fläche; bei den Zellen der Scheidewände in Luftcanälen auf beiden Seiten. In den Luftcanälen finden sich in der Jugend kugelige Zellen, diese berühren sich nur an einzelnen Puncten; da nun schnell die Säfte in den Zwischenräumen der Zellen absorbirt und durch Luft ersetzt werden, so können die Zellen auch nur da ernährt werden, wo sie sich berühren; die Berührungsflächen wachsen also zu Strahlen aus, so entstehen die sternförmigen Zellen der Scheidewände, die schwammförmigen Zellen der Luftcanäle. Es kann diese ungleichförmige Ernährung aber auch bei vollständiger Berührung der Zellen vorkommen, dann aber legen sich die auswachsenden Strahlen wechselsweise in einander, wie bei sehr vielen Epidermiszellen der Fall ist, deren Gränzen in der Fläche wellig oder zackig gebogen erscheinen.

Alle verschiedenen Formen der Zellen, mit Ausnahme der kugeligen, elliptischen und fadenförmigen, entstehen nur durch Verbindung mehrerer Zellen unter einander. Für sich bildet sich jede Zelle mit gebogenen Flächen aus, alle polyedrischen

Gestalten entstehen allein durch gegenseitige Abplattung. Liegen nun lauter gleichgrosse Zellen neben einander, die gleichförmig auf einander drücken, so werden sie sich nothwendig zu Rhombendodekaedern abplatten. Das Rhombendodekaeder ist also gleichsam das in der Wirklichkeit freilich selten vorkommende Ideal der mit andern zu regulärem Zellgewebe verbundenen, nicht aber die Grundform der einzelnen Zelle. Dahin ist *Kieser* [1]) zu verstehen und zu berichtigen.

Geschichtliches und Kritisches. Man unterschied früher eine grosse Zahl Elementarorgane bei den Pflanzen, und obwohl von allen nachgewiesen ist, dass sie nur Zellenformen sind, so bleiben doch *Link* und *Treviranus* wenigstens bei dreien stehen, Zelle, Gefäss und Faser. Es ist mindestens höchst schwerfällig, erst zu sagen, die Pflanze hat drei Elemente, und nachher zu beweisen, alle drei sind aber nur eins und dasselbe. Die angeblich verschiedene Function rechtfertigt diese Eintheilung gar nicht, denn wir wissen von der Verschiedenheit der Function dieser drei Gebilde gradezu gar nichts, wenn wirs nicht etwa hineinphantasiren, und soviel ist klar, dass die Lebensthätigkeit einer Parenchymzelle, die nur ätherisches Oel in sich bildet, von der, welche nur Stärkemehl producirt, weiter verschieden seyn muss, als die poröse Gefässzelle von der ebenfalls porösen Markzelle, die beide Luft enthalten.

Anhang. Die mit einer eignen Membran versehenen Gefässe des Milchsafts sind noch nicht mit Sicherheit auf Zellen zurückgeführt. Ihr Ursprung ist dunkel, im ausgebildeten Zustande gleichen sie langgestreckten, oft verästelten Zellen, und stimmen auch mit diesen, in welche sie durch Mittelbildungen übergehen, in ihrer ferneren Entwickelung überein.

§. 25.

Bis zu einer gewissen Zeit wächst die Zellenmembran in ihrer ganzen Dicke durch Intussusception, aber oft nicht gleichförmig; einzelne Stellen werden stärker ernährt und bilden warzenförmige Hervorragungen auf der äussern oder innern Fläche.

1) Ueber die ursprüngliche Zellenform. *Nova acta academ. Leopold. Carol. Nat. Cur. Tom. IX.*

Wie mir scheint, ist bisher nicht genügend auf diesen Punct geachtet, und er scheint gleichwohl Aufmerksamkeit zu verdienen. Es ist lange bekannt, dass gewisse Haare mit Wärzchen, die deutlich in Spirallinien stehen, besetzt sind. Meistens sind es kleine, gleichgrosse Wärzchen, wie an den Haaren der Familie der Borragineen, der Urticeen, der Malvaceen u. s. w., zuweilen aber sind es auch längere, streifenartige Erhöhungen der äussern Fläche, z. B. an den Antherenhaaren von *Lobelia cardinalis*, an den *pilis Malpighiaceis* auf den jungen Zweigen von *Cornus mascula etc.* Was aber das Auffallendste bleibt, ist dass gar oft diese Wärzchen eine oder zwei Höhlen in ihrem Innern zeigen und durch eine scharfe Linie von der Oberfläche des Haares abgesetzt sind, als wären es angewachsene Zellen, so z. B. an den Haaren des Fornix bei den *Anchusa*-arten und andern Pflanzen. Nicht immer aber sind diese warzenförmigen Verdickungen auf der äussern Fläche der Zellenwand, oft bilden sie vielmehr Vorsprünge nach Innen, so z. B. an den sogenannten Haarwurzeln der Marchantiaceen, an den Faserzellen im Thallus von *Pelligera canina* und anderen, in den spindelförmigen Zellen im Stylus von *Cereus phyllanthoides*, an den Markstrahlenzellen von *Pinus sylvestris* u. a., in den Haaren der Malphighiaceen, wo sie kleine gestielte Knöpfchen bilden (*Morren*) [1]), in den Brennhaaren der Blätter von *Anchusa crassifolia*, wo sie als körnige Warzen erscheinen. Ueber die Entwickelungsgeschichte dieser kleinen Knötchen, die insbesondere bei den hohlen und knopfförmigen in den *Malpighia*-haaren interessante Resultate verspricht, wissen wir noch nichts.

§. 26.

Wenn die Zelle eine bestimmte Ausdehnung erreicht hat, tritt eine wesentliche Veränderung in der Ernährungsweise der Zelle ein, indem der neu entstandene Membranenstoff nicht mehr durch Intussusception, sondern als concrete Schicht auf ihre innere Fläche abgelagert wird. Diese Ablagerung ist aber keine continuirliche Membran, sondern geschieht in der Richtung einer Spirale, als einfache oder mehrfache Spiralfaser oder Spiralband. Dehnt sich die

1) *Morren, Obs. sur l'épaississement de la membrane végétale dans plusieurs organes de l'appareil pileux (Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles. Tom. VI. No. 9).*

Zelle nach dem Auftreten dieser Verdickungsschicht noch mehr oder weniger aus, so werden die anfangs dicht auf einander liegenden Windungen von einander gezogen. Je weniger sich die Zelle noch ausdehnt, desto fester vereinigt sich die Faser mit der Wand. Oft verwachsen schon früh einzelne Windungen der Faser oder einzelne Stellen der Windungen unter einander. Aus allen diesen Momenten gehen sehr mannichfache Configurationen der Zellenwände hervor, die man in zwei Abtheilungen bringen kann, je nachdem die getrennten Fasern deutlich hervortreten (Faserzellen, *cellulae fibrosae*), oder die Fasern so vielfach unter einander verwachsen sind, dass man sie als eine continuirliche Membran mit grösseren oder kleineren Spalten besetzt ansehen kann (poröse Zellen, *cellulae porosae*).

Natur und Ursprung der Spirale. Eine Spirale kann rechts oder links gewunden seyn, d. h. wenn man mit der Spirale in die Höhe steigt, so kann die Axe derselben uns rechts oder links liegen. Beide Arten verhalten sich als directe Gegensätze. Nehmen wir die verticale Entfernung des Anfangs der einen Windung vom Anfang der nächsten zu a an, so ist $+a$ die Bezeichnung der rechts gewundenen Spirale, $-a$ die der links gewundenen und $a-a$ die Bezeichnung eines in sich zurücklaufenden Ringes. Die rechts gewundene Spirale kommt am häufigsten vor, aber auch die links gewundene oft genug, dass wir den ebenfalls häufig vorkommenden Ring als die Indifferenz beider betrachten dürfen [1]). Möglicherweise kann aber der Ring auch auf andere Weise entstanden seyn. Eine jede Spirale lässt sich vertical in zwei Hälften zerschneiden, von denen die eine dann von einem Puncte angesehen grade die entgegengesetzte Steigung zeigt als die andere. Wenn die vordere Hälfte der Windung von der Rechten zur Linken aufsteigt, so muss die hintere von der Linken zur Rechten aufsteigen. Bei zwei gleichgewundenen Spiralen werden also die vorderen und hinteren Hälften für sich parallel laufen, zugleich gesehen und auf eine Fläche projicirt aber sich kreuzen. Zwei in derselben Cylinderfläche in entgegengesetzter Richtung aufsteigende Spiralen werden sich aber in jedem ganzen Umlauf zweimal, ein-

1) Vergleiche die Aufsätze von *Mohl* und mir in Flora von 1839, Nr. 43 ff. und Nr. 21 ff.

mal in der vorderen, einmal in der hinteren Hälfte durchschneiden. Dieser letzte Fall ist bis jetzt niemals beobachtet worden. *Link*[1]), der es behauptet, wird durch seine eigne Zeichnung widerlegt, die den ersten Fall darstellt. Die sich kreuzenden Linien in der Wand der Bastzellen der Apocyneen erklärt man, glaube ich, vorläufig richtiger und consequenter aus dem Aufeinanderliegen zweier Schichten, deren Fasern in entgegengesetzter Richtung gewunden sind.

Es ist kinderleicht, bei den grösseren Formen die Spiralfiber auf einem Querschnitte zu beobachten, und dabei zeigt sie sich völlig homogen, nur bei sehr alten Fasern bemerkt man z. B. in *Arundo Donax,* dass sie aus einer der Wand anliegenden Faser und einer dieselbe von den drei freien Seiten bedeckenden Rinde besteht. Auch zeigt sich durch solche Querschnitte für den, der es nicht ohnehin mit einem guten Mikroskop sieht, ganz deutlich, dass die Spiralfaser niemals rund, sondern ein plattes dickeres oder dünneres Band ist, dessen freie nicht der Wand anliegende Kanten vielleicht höchstens etwas abgerundet erscheinen. Die Ansicht von einer canalförmigen oder hohlen Spiralfaser gehört, und wenn sie auch jetzt noch von *Link* vorgetragen wird, doch zu den aus höchst mangelhaften Untersuchungen entstandenen Antiquitäten.

Ich glaube nicht, dass man das erste Entstehen der Spirale schon beobachtet hat. Mir ist sehr wahrscheinlich, dass sie viel früher vorhanden ist, als sie für unsere optischen Mittel sichtbar wird, indem sie zuerst aus einem Stoff besteht, der von der Zellenwand und dem Zelleninhalt optisch nicht verschieden ist, worauf doch allein die Erkennbarkeit eines Gegenstandes beruht. Die Spiralen erscheinen je näher ihrem Ursprunge um so durchsichtiger und schwerer zu beobachten, oft entziehen sie sich, von der Fläche gesehen, schon völlig unsern Blicken, sind aber an den Rändern der Zelle noch als kleine Hervorragungen zu erkennen; hier sieht man sie nämlich in der Verkürzung, und so haben sie optisch mehr Masse. Oft wo sie ganz schon aufgehört haben sichtbar zu seyn, bringt uns die Anwendung der Iodine noch ihre Spuren vor Augen. Daher mögen manche Formen nur dann auf die Spirale zurückzuführen seyn, wenn man annimmt, dass die Mittelstufen schon durchlaufen wurden, ehe das Gebilde noch sichtbar wurde. Endlich erkennt man die meisten spiraligen Bildungen erst von dem Augenblick deutlich, wenn sie anfangen Luft zu führen,

1) *Link, Elem. phil. bot. Ed. II. T. 1, p. 167. d. 497* und Taf. I. Fig. 3, a.

weil dann erst die durch dazwischen lagernde Flüssigkeit aufgehobene optische Differenz zwischen den Spiralfasern und den Zwischenräumen hervortritt.

Ferner finde ich bei allen mit der grössten Sorgfalt angestellten Untersuchungen, bei allen spiraligen Bildungen die Windungen um so enger, je näher sie ihrem Ursprunge sind. Ich finde ferner, je näher ihrem Ursprunge, um so mehr reine, unverästelte Spiralen, endlich habe ich in einigen Fällen die abweichendsten Formen, z. B. die Ringe bestimmt auf die Spirale [1]) zurückführen können. Aus dem allen ziehe ich den Schluss, dass die Grundlage aller der verschiedenen Bildungen, die ich hierher rechne, einfache unverästelte und eng aufeinanderliegende Spiralfasern sind, um so mehr, als sich aus dieser einfachen Hypothese in Verbindung mit der ziemlich unzweifelhaften Thatsache, dass uns alle spiraligen Bildungen erst sichtbar werden, nachdem sie schon längere Zeit vorhanden und in der Zeit verschieden modificirt sind, sich alle Erscheinungen leicht erklären lassen. Ich muss hier aber noch bemerken, dass, wenn sich Spiralfibern in cylindrischen oben und unten abgestutzten Zellen bilden, wie in den meisten eine continuirliche Röhre darstellenden Gefässzellen, die letzte Windung oben und unten in sich selbst zurückläuft und so einen Ring bildet, der aber von den andern Ringen, die im Verlauf einer Spiralfiber entstehen, wohl unterschieden werden muss.

Uebersicht der verschiedenen Formen. Man muss hierbei nothwendig ins Auge fassen, dass sich die Zelle, nachdem die Spiralfasern entstanden sind, noch oft bedeutend ausdehnt.

A) Findet diese Ausdehnung statt, so ergeben sich folgende Modificationen.

a) Wenn von einer einfachen Fiber in verschiedenen Abständen zwei ganze Windungen früh zu einem Ringe verwachsen, so können bei verhältnissmässig bedeutender Ausdehnung die freien Windungen derselben nicht mehr folgen, sie werden, alle oder zum Theil, gezerrt, zerrissen und resorbirt, und die Zelle zeigt allein, oder mit einzelnen Spiralwindungen gemischt, Ringe, die gewöhnlich mit der Zellenwand wenig oder gar nicht verwachsen sind. (Ringfaserzellen, *cellulae annuliferae.*)

b) Wenn einfache oder mehrfache Spiralen unter sich und ihren Windungen nicht verwachsen und die Zelle sich noch

1) Ungeachtet *Mohl's* Einwendungen (Flora v. 1839, No. 43 u. 44) muss ich nach wiederholten Untersuchungen bei meiner früheren Ansicht (Flora v. 1839, No. 21 u. 22) bleiben.

bedeutend ausdehnt, so bleiben sie gewöhnlich frei und mit mehr oder weniger entfernten Windungen in der Zelle liegen. (Spiralfaserzellen, *cellulae spiriferae.*)

c) Wenn mehrere Fasern unter einander auf längeren Strecken verwachsen, oder die einzelnen Windungen hin und wieder auf kürzeren Strecken sich verbinden, so werden bei bedeutender Ausdehnung der Zellen die unverwachsenen Theile der Fasern und Windungen von einander gezogen. Je mehr Verwachsungspuncte vorhanden sind, je weniger die Zelle sich noch ausdehnt, desto fester verwachsen die Fibern mit der Zellenwand. (Netzfaserzellen, *cell. retiferae*) [1]).

B) Wenn die Zelle sich von dem Moment, in welchem die Spiralfasern sich bilden, wenig oder gar nicht mehr ausdehnt, so tritt eine neue Erscheinung hinzu. Es bilden sich nämlich auf der Aussenwand der Zelle zwischen ihr und der benachbarten kleinere oder grössere Luftbläschen, und der Mitte dieser Luftbläschen entsprechend, weichen die Windungen der sich bildenden Spiralfaser spaltförmig auseinander. Findet gar keine Ausdehnung mehr statt, so verwachsen die Windungen, soweit sie sich berühren, so früh und so schnell mit einander, dass man oft keine Spur der einzelnen Fasern erkennt; findet noch eine geringe Ausdehnung statt, so sieht man die einzelnen Fasern deutlich (z. B. im Holz von *Ptelea trifoliata*, *Melia Azedarach*, in der Hülle der Luftwurzeln von *Oncidium altissimum etc.*). Wenn keine Ausdehnung weiter stattfindet, so werden gewöhnlich die länglichen Spalten durch Ausfüllen der scharfen Winkel abgerundet. Dies sind poröse Zellen, *cellulae porosae*, doch gehören auch viele netzförmige Bildungen der Schriftsteller hierher, z. B. die bekannten netzförmigen Gefässe der Balsamine. Man erkennt diesen Bau, den zuerst *Mohl* [2]) richtig entwickelte, vollkommen deutlich an den Holzzellen der Coniferen und Cycadeen, sowie an den meisten sogenannten Treppengefässen und Spaltgefässen der Schriftsteller. Auch bei fast allen porösen Gefässen und Zellen ist derselbe sehr deutlich, und lässt sich so weit verfolgen, als unsere optischen Mittel reichen; warum grade da eine verschiedene Bildung eintreten sollte, sehe ich nicht ein. Ich nehme also den Bau als allgemein an. Doch finden sich hier viele Modificationen, je nachdem das Luftbläschen dicker oder dünner (im letzten Fall

1) Hierher gehören auch die sogenannten verästelten Spiralfasern der Schriftsteller.

2) Ueber Poren des Pflanzenzellgewebes. Tübingen, 1828. Ueber den Bau der Cycadeen. Ueber den Palmenstamm, und an andern Orten.

auf Querschnitten schwer zu erkennen) ist, je nachdem es im Verhältniss zur Porenspalte grösser (bei Coniferen) oder kleiner (in den Parenchymzellen der Cycadeen) ist, und je nachdem die Verdickungsschichten dicker oder dünner sind. Von der Fläche gesehen erscheinen diese Poren mit einem doppelten Ringe bezeichnet, von denen der äussere grössere die Gränze der Luftblase andeutet und beim Isoliren der Zellen verschwindet, der innere aber die abgerundete Spalte oder den Porus begränzt. Zuweilen kommen drei Ringe vor, wenn nämlich der Porus konisch ist, wo dann der innere Ring sein äusseres, der mittlere sein inneres Ende bezeichnet, z. B. nicht selten bei *Schubertia disticha.* Beispiele für die aufgeführten Formen finden sich fast in jeder phanerogamen Pflanze. Für das Studium der Entwickelungsgeschichte eignen sich besonders die saftigen, fleischigen einjährigen Stengel; für andere Formen die Bildung des Holzes.

Individuelle Ausbildung der Spiralfiber und abnorme Formen. Jede Spiralfiber ist bei ihrem ersten Sichtbarwerden ein sehr feiner Faden, und wächst sowohl in der Dicke als auch Breite sehr bedeutend nach. Dies dauert so lange, als die Zelle Säfte enthält; sobald diese absorbirt werden und sie anfängt Luft zu führen, hört jede Fortbildung der Spiralfiber auf, die nicht auf blos passiver Entfernung der Windungen von einander beruht. In einigen Fällen bleibt ein Theil einer Spiralfaser so weit in der Ausbildung zurück, dass er gar nicht sichtbar wird, die deutliche Faser scheint dann mitten auf der Wand der Zelle mit einem zugespitzten Ende aufzuhören; solche Erscheinungen sind zuweilen abgebildet worden, ich fand sie z. B. sehr oft im Kürbis. In seltenen wie es scheint krankhaften Fällen tritt später wieder Flüssigkeit in die schon früh mit Luft erfüllten Zellen und es bilden sich dann in ihnen neue Zellen und es entstehen wunderlich anastomosirende Fäden, die gewöhnlich den Fugen der neu gebildeten Zellen folgen und oft das reine Spiralgefäss bis zum Unkenntlichen entstellen. Ich beobachtete dies oft in alten Scitamineen- oder Commelineenstämmen, z. B. bei *Hedychium Gardnerianum, Tradescantia crassula.* Eine andere aber gesetzmässige Bildung anastomosirender Fasern zwischen benachbarten Windungen tritt häufig schon früh ein. Wenn man die grossen netzförmigen Gefässe der Balsamine aufmerksam betrachtet, so sieht man bald, dass sich ein Theil aller Netzfasern recht gut auf eine Spirale zurückführen lässt, diese zeigen alle eine leichte gelbliche Färbung, daneben giebt es aber andere kurze meist verticale Verbindungsäste, die sich sogleich durch ihre wasserhelle Farblosigkeit auszeichnen; verfolgt man sie, so sieht

man, dass sie genau dem Verlauf der Fuge zwischen je zwei anliegenden Zellen entsprechen und gleichsam für diese Fuge eine Brücke bilden von einer Faser zur andern; diese gehören entschieden nicht der ursprünglichen Spiralbildung an. Ihr regelmässiges Auftreten bei porösen Gefässen mit langen Querspalten hat zu dem Namen der leiter- oder treppenförmigen Gefässe Veranlassung gegeben. Endlich zeigen die Ringfaserzellen noch einige auffallende Erscheinungen, wohin einmal das so häufige Vorkommen ganz regelmässiger Abstände zwischen je zwei Ringen zu rechnen ist; am auffallendsten beobachtete ich dies bei *Canna occidentalis,* wo regelmässig abwechselnd mit einem kürzeren Abstand ein etwa dreimal so langer vorkam. Endlich beobachtete ich im Blattstiel von *Musa paradisiaca* häufig Ringgefässzellen, wo zwischen je zwei Ringen die Zelle ganz auffallend tonnenförmig angeschwollen war, so dass die Ringe selbst mit den benachbarten Zellen in gar keine Berührung kamen.

Historisches und Kritisches. Die Spiralfibern wurden schon früh entdeckt von *Malpighi* und *Grew* oder vielleicht schon vor beiden von *Henshaw*. *Bernhardi* [1]) und *Moldenhauer* [2]) wiesen die dazu gehörige Zellenmembran nach. Die Ringe entdeckte *Babel* [3]) und *Bernhardi* [4]) die sie umschliessende Membran. Die porösen Zellen entdeckte wohl *Leeuwenhoek* [5]), doch wurden sie erst von *Mirbel* [6]) allgemeiner gewürdigt; gegen ihn wurde, namentlich von Deutschland aus, ziemlich albern polemisrt, bis *Hugo Mohl* [7]) seine Beobachtungen völlig bestätigte und gleich darauf [8]) die dazu gehörige Zellenmembran entdeckte. Dies sind die wesentlichen Fortschritte in dieser Lehre, alle übrigen haben nur einzelne Notizen über das häufigere Vorkommen der einen oder andern Modification vorgebracht. Besonders hat *Meyen* [9]) mit grossem Fleisse einen reichen Schatz einzelner Thatsachen veröffentlicht. Dass für alle diese Bildungen die Spirale die Grundlage bilde, sprach allgemein zu-

1) Ueber Pflanzengefässe und eine neue Art derselben. Erfurt, 1805, S. 29.

2) Beiträge zur Pflanzenanatomie. Kiel. 1822, S. 205.

3) Nach *Link, El. phil. bot. Ed. II. T. 1, p. 169.*

4) A. a. O. S. 27.

5) *Opera omnia II.* Taf. 462, Fig. 20.

6) *Histoire nat. des plantes etc. 1800. I.* S. 57 und *Traité d'anatomie et de physiol. végét. Paris, 1802, T. 1, p. 57 Table Fig. 1—4.*

7) Ueber den Bau der Ranken und Schlingpflanzen. Tüb., 1827.

8) Ueber die Poren des Pflanzenzellgewebes. Tüb., 1828.

9) Physiologie Bd. I. S. 12—117.

erst *Valentin* [1]) aus. Dass *Link* [2]) noch jetzt Poren und Spalten für Stücke einer zerrissenen Spiralfaser ansieht, verdient keine Widerlegung, die jeder Blick durch ein gutes Mikroskop von selbst giebt, sondern ist nur als Curiosität anzuführen. *Mohl* ist über die Ringgefässe sehr abweichender Meinung, er glaubt sie entständen immer oder doch oft ursprünglich. Schon oben habe ich angeführt, wie man sie als eine Spirale erklären kann, deren Steigung = 0 wird. Bis jetzt aber kann ich *Mohl's* Beobachtungen weder bestätigen noch widerlegen, und ich glaube ihm gern. Vielleicht entstehen die Ringe auf sehr verschiedene Weise. Schwer ist freilich bei früh entstandenen Bildungen der Art, also namentlich bei Ringgefässen, die Stellen zu unterscheiden, wo zwei Zellen aneinanderstossen; dass hier sich oft Ringe auf andere Weise bilden, ist schon erwähnt.

Die Nomenclatur der hierher gehörigen Formen ist dadurch, dass alle einzelnen Modificationen, wie sie gesehen wurden, mit besonderen Namen belegt sind, bis in Ungeheure angewachsen; ich glaube, sie kann bis auf die beiden im Paragraphen erwähnten völlig entbehrt werden. Ich übergehe sie hier grösstentheils. Wer die Schriften Anderer liest, findet dort auch die Erklärung ihrer Kunstwörter.

§. 27.

In der Regel bildet die Ablagerung einer neuen Schicht auf der ganzen Wand der Zelle dieselben Formen, doch kommen auch Fälle vor, wo sich an der einen Seite der Wand die Spiralfasern zu einer homogenen Membran verbinden, während sie an andern Stellen zu Poren spaltenartig auseindertreten (hierher gehören namentlich die sogenannten porösen Gefässe des Holzes), oder dass sie in einem Theil der Zelle zu Ringen umgewandelt werden, während sie in andern Theilen spiralig, netzförmig, oder gar porös bleiben, was öfter vorkommt.

Auch auf diesen Punct ist viel zu wenig bis jetzt Rücksicht genommen worden. Wir kennen in dieser Beziehung fast nur die letzte Modification, *Mirbel's* [3]) sogenannte *tubes mixtes*.

1) Repertorium Bd. I. S. 88.
2) *Elementa phil. bot. Ed. I. Tom. p. 177.*
3) *Traité d'anatomie et de physiol. végét. T. I. p. 68.*

Aber es gehören auch die sogenannten porösen Gefässe unserer Dikotyledonen-Holzarten hierher, die in der Weise wie man sie in den Handbüchern beschrieben findet, als von einer ganz porösen Membran gebildete Röhren, gar nicht existiren. Alle diese sogenannten Gefässe sind nur so weit porös, als sie sich unter einander berühren; da wo sie an die Holzzellen anstossen, sind ihre Wände vollkommen homogen und zeigen kaum eine Spur von Poren. Freilich musste dieser Irrthum bei der rohen Methode, die Anatomie nur mit Längs- und Querschnitten zu treiben, lange geltend bleiben, indess auch so hätte man mit Aufmerksamkeit der Sache auf die Spur kommen können, die sich sogleich klar zeigt, wenn man durch Maceration in Salpetersäure einzelne Gefässzellen isolirt. Da nämlich, wo diese Gefässe in einfachen radialen Reihen und niemals oder doch selten seitlich aneinanderliegen, sieht man auf einem tangentialen Schnitte zwar lauter poröse Wände, aber niemals oder äusserst selten auf einem radialen Längsschnitte. Es ist wahrlich mehr nöthig, die Wissenschaft von dem vielen Falschen zu befreien, als etwas Neues zu entdecken. Ganz dasselbe findet sich auch bei den Coniferen, wo sich die Poren überwiegend häufig (nicht ausschliesslich, wie es bei flüchtiger Untersuchung scheint) nach der Seite der Markstrahlen zeigen, oder bei *Hibbertia volubilis*, wo sie umgekehrt nur nach Mark und Rinde, selten oder nie nach der Seite der Markstrahlen zu erscheinen, so dass die beiden andern Viertheile der Zellenwand in den genannten Fällen homogen sich ausbilden.

§. 28.

Dieser Process der schichtenweisen Ablagerung wiederholt sich öfter im Leben der Zelle. a) In der Regel lagert sich dann jede folgende Schicht auf die vorhergehende genau so ab, wie diese in dem Augenblick der Ablagerung ist, also Ring auf Ring, Spirale auf Spirale, poröse Schicht auf poröse Schicht. b) In einigen selteneren Fällen richtet sich aber die Ablagerung nach dem Zustande der Zelle, so dass, wenn sich durch Ausdehnung eine weitgewundene Faserzelle gebildet hat, nun der vollendeten Ausdehnung der Zelle gemäss eine poröse Schicht entsteht. Gewöhnlich ist auch die Richtung der Spirale in der folgenden Schicht dieselbe wie in der vorher-

gehenden, doch scheint es auch vorzukommen, dass sich Schichten, in denen die Spirale entgegengesetzt gewunden ist, einander folgen.

Man kannte einige dieser letzten Bildungen schon früher aus dem Taxusholze, wo Spiralfasern und Ringe vorkommen, zwischen deren Windungen schöne grosse Poren sich befinden. Indess gehören auch noch manche andere Erscheinungen hierher. Ganz ähnlich ist das Verhalten bei den sogenannten porösen Gefässen von *Prunus Padus* und anderen Holzarten. Auch die Linde und der Wein zeigen Aehnliches, aber hier nehmen die Poren nur den Theil der Wand ein, der an ein anderes Gefäss anstösst (vergl. §. 27.), während die Fasern rundherum laufen. Ganz gewöhnlich ist aber der erste Fall, und man findet Ringe, die so sehr verdickt sind, dass sie nur ein kleines Loch in der Mitte behalten; da sie nicht gleichzeitig in der Breite zunehmen, so erscheinen sie im ausgebildeten Zustand als ziemlich dünne durchbohrte Scheiben (z. B. in den Cacteen, *Opuntia cylindrica, Melocactus, Mamillaria*). Besonders häufig zeigt sich dieser Vorgang bei den porösen Zellen und geht hier so weit, dass oft das Lumen der Zelle auf eine kaum noch sichtbare Röhre reducirt wird. Meistens erkennt man hier auf der Schnittfläche die einzelnen Schichten ganz deutlich, solche Zellen kommen in unzähligen Pflanzen vor. Die Poren der Verdickungsschichten werden dabei nach und nach zu Canälen. Häufig nähern sich auch solche Canäle allmälig einander, fliessen zuletzt in einen zusammen, von denen oft zwei oder mehrere wieder zusammentreten, so dass die inneren Schichten viel weniger Poren zeigen als die äussersten. Man nennt dies mit einem eigentlich unrichtig von entgegengesetzter Anschauungsweise ausgehenden Ausdrucke, verästelte Porencanäle. *Mohl* [1]) hat zuerst diesen Process entdeckt und an vielen Beispielen erläutert, und dadurch eins der wichtigsten Verhältnisse im Leben der Pflanzenzelle aufgeklärt.

§. 29.

In gar vielen Zellen werden die von den Ablagerungen frei gebliebenen Stellen der ursprünglichen Zellenwand verflüssigt und resorbirt. Es entstehen auf diese Weise wirklich Löcher in der Membran. Hierauf

1) *De structura palmarum et saepius.*

beruht namentlich der ganze Unterschied zwischen Zellen und sogenannten Gefässen, indem die letzteren nur Zellenreihen sind, deren Höhlungen auf diese Weise in Verbindung gesetzt sind.

Die Beobachtungen häufen sich täglich über solche wirkliche Löcher in der Membran und auch hier ist wohl *Hugo Mohl* der Erste, der diese wirklichen Löcher entdeckte und sie bestimmt von den Poren unterschied. Zwar kannte man schon früher die freie Communication zwischen den Gefässzellen, aber man sah sie als ursprünglich continuirliche Röhren an und hatte oft die wunderlichsten Ansichten, weil man versäumte; ihre Entwickelungsgeschichte zu studiren. Solche Löcher kommen ganz entschieden vor bei den Moosen in der Gruppe der Leucophaneen *(Hampe)*, namentlich bei *Sphagnum*, in den Parenchymzellen der Cycadeen im Alter, an den genannten Gefässzellen, zuweilen an den porösen Zellen der Coniferen da, wo sie an die Markstrahlenzellen anstossen, an den grünwandigen Zellen in der Rindenschicht der Luftwurzeln bei *Aerides odorata* u. s. w.

Zweiter Abschnitt.

Von den Zellen im Zusammenhang und den durch dieselben gebildeten Räumen.

§. 30.

Die einzelnen auf die angegebene Weise entstandenen Formen der Zellen gruppiren sich nun auf mannigfache Weise zu grösseren Massen (sogenannten Geweben, *tela, contextus*) zusammen, die man nach ihrer verschiedenen Zusammensetzung aus verschiedenen oder gleichen Elementartheilen nach folgender Uebersicht zusammenstellen kann.

Ich unterscheide hier nach der blossen äusseren Form und nicht nach der verschiedenen Configuration der Wände, denn die letztere ist ein allgemeiner Lebensprocess der Pflanzenzelle und kann in jeder Weise mit jeder Zellenform vereinigt vorkommen. Auch wäre es gar nicht schwer, aber eine unnütze Weitläufigkeit, fast für jede denkbare Combination Beispiele aufzuführen.

§. 31.

A) Parenchym (*Parenchyma*). Die Hauptmasse der Pflanze und ihrer Theile. Dieses ist:

a) Unvollkommenes Parenchym (*P. incompletum*), wenn die Berührung der einzelnen Zellen untereinander höchst unvollständig ist. Man unterscheidet:

1) Rundliches Parenchym (*P. sphaericum, s. ellipticum*), aus rundlichen oder elliptischen Zellen bestehend, bei saftigen Pflanzen vorherrschend.

2) Schwammförmiges Parenchym (*P. spongiaeforme*), Zellen, die nach allen Seiten, aber ungleichförmig ausgedehnt sind und sich dann nur mit den Enden der Strahlen berühren; als Füllmasse in den Lufthöhlen und fast Alles schnell austrocknende Gewebe, auch die untere Hälfte des Parenchyms der meisten Blätter.

b) Vollkommenes Parenchym (*P. completum*), wenn die Berührung der Zellen unter einander möglichst vollkommen ist.

1) Regelmässiges Parenchym (*P. regulare s. dodecaedratum*), fast lauter polyedrische Zellen ohne Vorherrschen einer bestimmten Dimension; findet sich besonders im Mark der Pflanzen.

2) Langgestrecktes Parenchym (*P. longitudinale, cylindricum, prismaticum etc.*), bei sehr rasch wachsenden Pflanzen, zumal im Mark vieler Monokotyledonen, in dem Innern der Tangarten.

3) Tafelförmiges Parenchym (*P. tabulatum*), meist viereckige tafelförmige Zellen in der äussern Rinde, besonders aber in Kork und Borke.

Ich habe im Paragraphen natürlich nur Beispiele angeführt und keineswegs ein erschöpfendes Verzeichniss des Vorkommens geben wollen, welches bei der geringen Zahl der Gewächse, die bis jetzt anatomisch untersucht sind, auch völlig unthunlich wäre; auch in den folgenden Paragraphen muss ich mich auf solche Beispiele beschränken. Hier will ich nur noch bemerken, dass die genannten Arten sämmtlich nach der äussern

Form bestimmt sind und dass alle auch mit den verschiedenen Modificationen der Wände vorkommen können. Ja ich glaube behaupten zu dürfen, dass in einer phanerogamen Pflanze keine grössere Parenchymmasse vorkommt, die nicht im Alter wenigstens eine Form der Verdickungsschichten, nämlich die poröse, deutlich zeigte. Nicht immer aber sind alle Zellen einer Parenchymmasse gleichförmig verändert und es kommen oft zwischen sehr dünnwandigen Zellen einzelne mit deutlichen Spiral- oder Netzfasern, oder auch einzelne Zellen oder Zellengruppen mit ausserordentlich dicken Wänden vor, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in den Winterbirnen sind sehr dickwandige poröse Parenchymzellen, ähnliches in der Rinde und dem Mark von *Hoja carnosa*, in der Rinde sogenannter Luftwurzeln tropischer Orchideen und sonst in unzähligen Fällen.

Das sphärische Parenchym hat natürlich rundliche Berührungsflächen, um welche gewöhnlich der in den Zwischenräumen vorhandene Saft beim Austrocknen kleine etwas erhabene Ringe bildet, die den Zellen ein eigenthümliches Aussehen geben, zumal da sie bei weitem häufiger von einander gerissen, als durchschnitten werden. Man sieht diese Erscheinung überall, wo dies Zellgewebe vorkommt, am schönsten in den saftigen Blättern tropischer Orchideen, z. B. der Oncidienarten.

Die vorstehende Eintheilung des Parenchyms halte ich für zweckmässig, aber auch für genügend. — *Meyen* [1]) scheint mir zu viel, *Treviranus* [2]) zu wenig zu unterscheiden.

§. 32.

B) Intercellularsystem. Die Berührung der Zellen in der Pflanze ist selten oder nie ganz vollständig, sie lassen mannigfache Lücken, die folgende wichtigere Verschiedenheiten zeigen.

a) Ursprüngliche, blos durch das nicht vollkommene Zusammenschliessen der Zellen gebildete Lücken.

1) Intercellulargänge (*Meatus intercellulares*), enge meist dreieckige, um alle Zellen herumlaufende Canäle, fast überall, wenigstens in jedem Parenchym.

1) Phytotomie. Berlin, 1830, S. 57 ff.

2) Physiologie. Bonn, 1835, Bd. 1. S. 29 ff.

2) Intercellularräume (*Interstitia intercellularia*), grössere unregelmässige Räume zwischen den Zellen, besonders im schwammförmigen Zellgewebe.

b) Später entstandene Lücken.

1) Behälter eigenthümlicher Säfte (*Conceptacula succi proprii*). Durch Erguss der Säfte aus den benachbarten Zellen, aus Intercellulargängen entstanden. Man kann zweierlei unterscheiden:

α) Von ziemlich derben, dicht aneinander geschlossenen wahrscheinlich nicht absondernden Zellen flach begränzt, z. B. Harzgänge der Coniferen in der Rinde (?), einzelne Gummigänge.

β) Von zartwandigen lockeren, blasig in die Höhle hineinragenden, wahrscheinlich absondernden Zellen begränzt, die meisten Behälter eigner Säfte, z. B. die Milchsaftgänge der *Mamillaria*- und *Rhus*-arten, die Gummigänge der Cycadeen, die Harzgänge im Holze der Coniferen.

2) Luftbehälter, die durch Zerstörung einer Parenchymmasse entstanden sind. Diese sind wieder:

α) Luftgänge (*Canales aëreae*). Hier verwandelt sich eine bestimmte Portion Parenchym erst in schwammförmiges Zellgewebe, wird dann zerrissen und resorbirt, die Wände dieser Gänge sind aber völlig glatt und die Höhlung ist in bestimmten Zwischenräumen durch eine Schicht stehenbleibender Zellen in Sternform, wie durch Scheidewände unterbrochen, z. B. in *Canna, Nymphaea etc.*

β) Luftlücken (*Lacunae aëreae*). Hier zerreisst unordentlich durch Ausdehnung des Pflanzentheils eine Portion Parenchym. Die Wände bleiben rauh mit den Resten der zerrissenen Zellen besetzt, z. B. die hohlen Stengel der Gräser, Umbellaten, Compositen u. s. w.

Die Intercellulargänge sind lange bekannt gewesen, selten gehörig gewürdigt, man hat oft zu viel, oft zu wenig Werth auf sie gelegt. Sie bilden fast in jedem Parenchyma ein eigenthümliches zusammenhängendes System von Canälen, sie stehen

mit den Intercellularräumen in Communication und eben so mit den Luftcanälen, obwohl das häufig geleugnet wird. Im grössten Theil eines Luftcanals sind die denselben begränzenden Zellen fest aneinander geschlossen und zeigen keine Intercellulargänge, wohl aber in der Nähe und meistentheils unmittelbar über einer Scheidewand. Die grösseren Luftcanäle entstehen gewiss immer auf die angegebene Weise, wie bei *Canna* und *Nymphaea* leicht zu beobachten, die kleineren sind allerdings wohl nur erweiterte Intercellulargänge, was die meisten Schriftsteller unrichtig auch auf die grössern übertragen haben.

Bei den Milchsaftgefässen hat man bisher ziemlich in Bausch und Bogen gesprochen, gleichwohl sind sie sehr verschieden. Bei den im Paragraph genannten Pflanzen, die doch einen entschiedenen Milchsaft haben, ist an eine eigne Haut gar nicht zu denken. Auch ist auf den angegebenen Unterschied in dem Bau der Wände aller Behälter eigenthümlicher Säfte nicht genug geachtet, wahrscheinlich kann man hier absondernde und blos aufbewahrende unterscheiden. Doch sind hier noch viele Untersuchungen zu machen. Ich kann hier aus Mangel an Material nur andeuten. Ob die Harzgänge in der Rinde der Coniferen in der Jugend eigne Wände haben, wie *Link* [1]) behauptet, kann ich nicht entscheiden, die des Holzes haben bestimmt keine, auch in der frühesten Jugend nicht.

§. 33.

C) Gefässe (*Vasa, Tracheae aut. veter.*). Wenn eine Reihe meist langgestreckter Parenchymzellen durch Resorption der ihre Höhle trennenden Wände in offne Communication tritt, so nennt man eine solche Reihe mit einem höchst übel gewählten Ausdruck Gefäss und unterscheidet sie nach der Modification der Zellenwand mit den oben bei den Zellen angeführten Namen, als *Vasa spiralia, annulata, porosa etc.*

Die ganze Lehre von den sogenaunten Gefässen ist durch die verkehrte Behandlung (die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte) in ein durchaus schiefes Licht gestellt worden. Man hat sogar da, wo man die Zusammensetzung aus einzelnen Zellen (die sogenannte Gliederung der Gefässe) beobach-

1) *Elem. phil. bot. Ed. II. T.* I. *p. 201.* Er unterscheidet nicht zwischen Rinde und Holz.

tete, diese als später durch Einschnürung entstanden zu erklären versucht: Nichts ist meistentheils leichter, zumal bei den grösseren und sich später in einem Pflanzentheil bildenden Gefässen, als ihre allmälige Bildung aus Zellenreihen zu beobachten. Nur bei den am frühesten entstandenen Gefässzellen ist es oft unendlich schwierig, da hier die Communication der Höhle früh eintritt und dann die noch fortdauernde Ausdehnung allmälig der ganzen Zellenreihe genau ein gleiches Kaliber ertheilt. Dazu kommt noch eine andere bis jetzt kaum bemerkte, geschweige denn gewürdigte und erklärte Eigenheit. Wir bemerken leicht, dass in den einzelnen Zellen der *Chara* die schiefe Richtung der grünen Kügelchen sich durch die folgenden Zellen hindurch zu einer vollkommenen Spirale ergänzt, ebenso findet häufig ein eigenthümlicher Zusammenhang zwischen den spiraligen Ablagerungen zweier benachbarter Zellen statt, so dass dem nicht sehr aufmerksamen Beobachter sich die Spirale ununterbrochen fortzusetzen scheint. Dadurch wird es oft beinahe unmöglich, in den zuerst aufgetretenen Gefässzellen ihre Zusammensetzung aus einzelnen Zellen noch zu erkennen, obwohl uns die Analogie vollkommen berechtigt, eine solche auch hier anzunehmen, da kein Grund vorliegt, warum gerade bei diesen Gefässen eine Ausnahme stattfinden sollte. Nirgends ist die Zusammensetzung der Gefässe aus Zellen leichter zu beobachten, als bei der Balsamine, und nirgends zeigt sich auch auffallender der Zusammenhang der spiraligen Bildungen einer Zelle mit der folgenden. Aber es gelingt auch nicht selten, an ganz früh entstandenen Gefässen trotz der Gleichförmigkeit des Kalibers und der scheinbaren Continuität der Spirale die Zusammensetzung zu erkennen. Ich habe an einem andern Ort darauf aufmerksam gemacht [1]).

Gewöhnlich, zumal bei den später entstandenen Gefässzellen, wird die Scheidewand so durchbrochen, dass rings ein schmaler Rand stehen bleibt (bei den früher entstandenen bleibt oft nichts stehen und das erschwert die Erkennung der Zusammensetzung noch mehr oder macht sie ganz unmöglich). Selten stehen diese Scheidewände ganz horizontal, gewöhnlich etwas geneigt und zwar seltsamerweise sehr selten von der Axe des Pflanzentheils nach der Peripherie, meist nach den Seiten der Radien zu geneigt. Auf einem radialen Längsschnitt bekommt man daher jene Löcher in den Scheidewän-

1) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen in den *Mém. de l'académ. de St. Petersb. par. div. savans. Vol. VI. Ser. T. IV. p. 26, 27.*

den häufig zu sehen. *Treviranus*[1]) bemerkte sie zuerst, wusste aber aber nichts damit zu machen; *Meyen*[2]), der weniger gut beobachtet hatte, gab eine höchst unbeholfene Erklärung, erst später wurde die Sache aufgehellt, aber ohne dass man *Treviranus* genannt hätte. Diese Bildung der Durchbrechung findet aber nur statt, wenn die Scheidewände eine gewisse Neigung nicht übersteigen, bei etwas stärkerer Neigung bilden sich statt eines mehrere Löcher und die Scheidewand gewinnt oft ein regelmässiges leiterförmiges Ansehen, wie *Mohl*[3]) zuerst entdeckte. Beispiele geben die Birke, die Palmenwurzeln, *Arundo Donax etc.* Wird endlich die Neigung so stark, dass man die Zellen mehr für aneinanderliegend, als aufeinanderstehend ansehen muss, so bilden sich auf der Scheidewand, je nach der Natur der Zellen, nur Spiralen oder Poren aus. Auch hier mögen die vorigen Beispiele genügen.

Dass das ausgebildete Gefäss regelmässig nur Luft führt, ist so klar, dass man sich wundern muss, wie je Streit darüber entstehen konnte, da schon das unbewaffnete Auge darüber aufklären konnte (vergl. oben Einleitung S. 13 Anm.), aber zuweilen dringt im Alter abnormerweise Flüssigkeit und zwar bildungsfähige in dieselben ein und es entstehen in der Höhle des Gefässes Zellen. Sie sind länger bekannt in den alten porösen Gefässen der Eiche und der Ulme, ich fand sie häufig in den Spiralgefässen alter Scitamineenstämme, z. B. bei *Canna* und *Hedychium*. Hier entstehen die Zellen, wie mir scheint, nicht eigentlich in der Gefässzelle, sondern von der benachbarten Zelle dehnt sich ein Theil der Wand blasenförmig aus und drängt sich zwischen die Spiralwindungen in die Gefässzelle hinein. In dieser Blase, die sich abschnürt (?), entstehen dann neue Zellen.

Es versteht sich von selbst, dass eine Gefässbildung bei allen Zellenformen vorkommen kann, die sich reihenweise anordnen können, also auch bei kugeligen oder polyedrischen Zellenformen. Die aus den letzteren beiden entstandenen Gefässe pflegte man früher wohl, besonders wenn ihr Verlauf nicht ganz grade war, mit dem völlig überflüssigen Namen: rosenkranzförmige Gefässe *(vasa moniliformia)* u. s. w. zu bezeichnen. Ich weiss nicht, warum man die ganz kurzgliedrigen, aus fast tonnenförmigen Zellen bestehenden porösen Gefässe des Weins nicht auch so genannt hat, ein Unterschied ist durchaus nicht vorhanden.

1) Vom inwendigen Bau der Gewächse u. s. w. Göttingen, 1806, Taf. I. Fig. 10, b.
2) Phytotomie S. 264.
3) *De Palmarum structura.* Taf. N. Fig. 13, 14, 15.

§. 34.

D) Gefässbündel *(Fasciculi vasorum)*. So nennt man eine Masse von langgestreckten Zellen, von denen ein Theil in Gefässe umgeändert ist, und die sich mehr oder weniger deutlich von dem umgebenden Parenchym, welches sie in einem längeren oder kürzeren Zuge durchsetzen, unterscheidet. Sie sind entweder:

a) Simultane Gefässbündel *(F. v. simultanei)*, wenn alle ihre Theile ziemlich zu gleicher Zeit entstanden sind und ausgebildet werden, Gefässbündel der Kryptogamen.

b) Succedane Gefässbündel *(F. v. succedanei)*, wenn die einzelnen Theile nach einander und zwar in allen Stengelgebilden in der Richtung von Innen nach Aussen entstehen und ausgebildet werden. Sie bestehen anfänglich ganz aus einem in der Bildung begriffenen, zarten, mit trüber Flüssigkeit gefüllten Zellgewebe *(Cambium)*, welches so wie es innen in gestreckte Zellen und Gefässe übergeht, sich aussen fortbildet. Diese Gefässbündel sind wiederum:

1) Geschlossene Gefässbündel *(F. v. definiti)*. Bei ihnen dauert die Fortbildung nur eine bestimmte kurze Zeit, dann ändert sich das Cambium in ein klares scharfgezeichnetes Zellgewebe um und ist unfähig zu ferneren Bildungen. Gewöhnlich liegen hier die Gefässe in einer Linie oder <förmig von Innen nach Aussen, zu äusserst oder nach beiden Seiten der Linie zeigen sich ein paar grosse poröse Gefässe und das Ganze ist mit langgestrecktem, dickwandigem Parenchym gemischt und umkleidet und dadurch mehr oder weniger vom übrigen dünnwandigern und kürzern Parenchym unterschieden. Monokotyledone Gefässbündel.

2) Ungeschlossene Gefässbündel *(F. v. indefiniti)*. Hier hört das Cambium nicht früher auf sich fortzubilden und das Gefässbündel von Innen nach Aussen zu verdicken, bis der Theil oder die Pflanze, dem es an-

gehört, abstirbt. Dikotyledone Gefässbündel. Man muss hier unterscheiden:

α) Das primäre Gefässbündel, wozu Alles zu rechnen ist, was in der ersten Vegetationsperiode (Jahre) entsteht. Es besteht in der innern Hälfte aus denselben Theilen, wie das geschlossene Gefässbündel, nur dass die Gefässe meist zahlreicher und nicht so regelmässig angeordnet sind; die vordere Hälfte ist nur das fortbildungsfähige trübe Cambium, vorn und an den Seiten stetig, aber ziemlich rasch in das umgebende Parenchym übergehend.

β) Das Holz (*lignum*). Nach Vollendung der ersten Vegetationsperiode hört ein Pflanzentheil in der Regel auf, sich in die Länge zu strecken, da aber die vom Cambium neu erzeugten Zellen nichtsdestoweniger bis zu einer gewissen Länge sich ausdehnen, so müssen sich dieselben von nun an, um Raum zu gewinnen, mit spitzen Enden ineinanderschieben. Es entsteht statt Parenchyms ein eigenthümliches Zellgewebe, das man Prosenchym (*prosenchyma*) nennt. Ein Theil desselben behält seine langgestreckte, schmale, oben und unten zugespitzte Form (Holzzellen), dazwischen aber erweitern sich einzelne senkrechte Reihen, oft sehr stark, und ändern sich zu sogenannten Gefässen um. Hiervon machen nur die Coniferen, Cycadeen und einige andere insofern eine Ausnahme, als alle Holzzellen sich ziemlich gleichförmig ausbilden.

Das Cambium. Wenn wir die werdenden Pflanzentheile betrachten, die sich bildende oder ausbildende Knospe, so finden wir im frühesten Zustand stets ein nur schwer in seinen Einzelnheiten erkennbares Gewebe. Die Zellen strotzen von assimilirten schleimig-granulösen Stoffen, enthalten junge Zellen, Cytoblasten, oft auch noch überschüssigen Nahrungsstoff als Stärkemehl, alles so eng in kleine höchst zartwandige Zellen zusammengedrängt, dass es schwer wird, klar in diesem Bildungsgewebe die dasselbe zusammensetzenden Theile zu unterscheiden. Dies ist eigentlich das Cambium, d. h. sich fortbildendes Zellgewebe. Allmälig treten nun einzelne Zellenmassen aus diesem Chaos schärfer und bestimmter hervor, sie haben

aufgehört, bei der Fortbildung thätig zu seyn; zuerst scheidet sich die Oberhaut aus, dann die Gefässbündel, später das Parenchym, und endlich bleibt jenes Cambium nur auf ganz bestimmte Orte beschränkt, auf die Spitze der Stengel *(Punctum vegetationis C. Fr. Wolff)* und auf die äussere Seite der Gefässbündel [1]). Diese letztere Partie hat man bisher vorzugsweise Cambium genannt, obwohl sie von dem übrigen durchaus in nichts verschieden ist. Niemals ist das Cambium eine unorganisirte Masse, wie man früher allgemein annahm, sondern, bei den Gefässpflanzen wenigstens immer, ein Zellgewebe, welches Cytoblastem enthält, in lebendiger Thätigkeit ist und daher beständig neue Zellen bildet, von denen ein Theil austritt, um sich dem schon gebildeten Zellgewebe in seinen verschiedenen Formen anzuschliessen, ein Theil dagegen wieder, als Cambium, den Bildungsprocess fortsetzt. Von diesem Cambium muss man durchaus ausgehen.

Die Gefässbündel. Wenn man die Natur der Gefässbündel verstehen will, ist es mehr wie sonst irgendwo in der Pflanzenanatomie nothwendig, auf das Speciellste sich mit der Entwickelungsgeschichte bekannt zu machen. Eine grosse Reihe von Beobachtungen zusammenfassend bemerkt man, dass besonders die Gefässe, in geringerem Grade auch die übrigen zum Gefässbündel gehörigen Zellen, früher aufhören die Gesammtenergie des Zellenlebens zu zeigen, als die benachbarten Zellen. Sie hören früher auf, neue Zellen zu entwickeln, sie gehen früher aus dem Zustande der allgemeinen Ernährung der Membran in den der schichtenweisen Ablagerung über, sie verzehren schneller ihre assimilirten Stoffe, ohne neue zu bilden, und wenn die benachbarten Zellen ihre chemische Thätigkeit erst in voller Energie beginnen, haben sie entweder alle ihre Säfte verzehrt und führen nur noch Luft (Gefässe) oder einen sehr homogenen indifferenten Zellensaft (die jüngeren Holzzellen). Es sind Zellen, die alle Stadien des Lebens schneller durcheilen, als die Parenchymzellen. Hieraus erklären sich fast alle Erscheinungen einfach und vollständig. Zuerst bilden die Parenchymzellen noch neue Zellen, wenn die Gefässbündelzellen schon aufgehört haben. Es kommen daher auf ein gleiches Längenmass mehr Parenchymzellen, als Gefässbündelzellen; die letzteren sind also immer um ein Bedeutendes länger, als die ersteren. Dieser Gegensatz ist besonders schroff im Anfang eines Gefässbündels, weniger zu seinen Seiten, wo seine Zellen allmälig in die des Parenchyma übergehen. Da ferner bei der Bil-

1) Zum Theil auch auf das Innere des Blattes.

dung der secundären Schichten die noch fortdauernde Ausbildung der Zelle ein wesentliches Moment ist, so hängt die Form der einzelnen Gefässbündelzellen auch wesentlich von der Zeit ab, in welcher sie entstanden. Hier muss man aber die verschiedenen Arten der Gefässbündel unterscheiden.

1) Bei den höheren Kryptogamen, den Farren, Lycopodien, Equisetaceen (?) (kryptogamen Gefässpflanzen) zumal im oberirdischen Stengel (weniger in den gestreckten, unterirdischen und bei den Equiseten überhaupt) wird das ganze Gefässbündel fast auf einmal angelegt und entwickelt. Wir finden daher in jedem Gefässbündel auch fast nur ganz gleiche Formen, und da sich die Stengel dieser Pflanzen nach Entstehen der Gefässbündel nur noch wenig in die Länge strecken, fast nur Gefässformen mit langen spaltenartigen Poren [1]). Bei den Lycopodien kommen auch sehr eng gewundene Spiralgefässe, bei den Equiseten [2]) Ringgefässe, aber mit sehr nahestehenden Ringen vor [3]).

2) Bei den Phanerogamen dagegen tritt eine successive Bildung der Gefässbündel ein, die der Axe zunächst gelegenen Theile treten zuerst aus dem Zustande des Cambiums heraus, und dann schreitet die Entwickelung allmälig gegen die Peripherie fort. Dabei dehnen sich die Theile, denen die Gefässbündel angehören, fast ohne alle Ausnahme während der Bildung der letzteren noch bedeutend aus [4]). Hieraus ergeben sich einige wesentliche Modificationen der Gefässbündel. Was zuerst die Gefässe anbetrifft, so entspricht der Typus ihrer Verdickungsschichten von Innen nach Aussen einer immer geringeren Ausdehnung. Der Axe am nächsten finden wir meist weitläufige Ringgefässe, darauf folgen engere, dann Spiralgefässe, deren Windungen obwohl weit, doch enger sind, als der Abstand der Ringe im nächst vorhergehenden Gefässe, dann eng gewundene Spiralen, netzförmige und endlich poröse Bildungen. Diese Folge bleibt dieselbe, wenn auch diese oder jene Bildung nicht auftritt. Bei genauen und ausgedehnten Untersuchungen findet man dieses Gesetz so sehr bestätigt, dass man ganz sicher schon nach der Form der Verdickungsschichten das relative Alter zweier Gefässe (als solcher, nicht ihre Entstehung als Zellen) bestimmen kann, wie sich dies

1) Vergleiche auch *Hugo Mohl de structura caudicis filicum arborearum*. München, 1833.

2) Letztere müssen überhaupt meiner Ansicht nach von allen Kryptogamen am höchsten gestellt werden.

3) Vergl. auch *Bischoff*, Die kryptogamischen Gewächse. Nürnb., 1828.

4) Man vergl. nur ganz einfach die Grösse der Zellen in jungen Pflanzentheilen mit denen in älteren.

z. B. am schlagendsten bei den in monokotyledonen Gefässbündeln so häufig vorkommenden grossen porösen Gefässen zeigt, die oft seitwärts, zuweilen sogar hinter den zuletzt gebildeten spiral- und netzförmigen Gefässen liegen, aber sich auch beständig später als diese ausbilden und daher eine Configuration zeigen, die man ihrer blossen Lage nach nicht erwarten sollte. Man muss hier aber noch wieder unterscheiden nach der Zeit, während welcher das Cambium als solches beharrt, wodurch der wesentliche Unterschied zwischen Monokotyledonen und Dikotyledonen gegeben wird.

α) Bei den Monokotyledonen geht das Cambium zu einer gewissen Zeit und zwar allemal noch innerhalb der ersten Vegetationsperiode oder eines Jahres eine merkwürdige Veränderung ein; das anfänglich in den Zellen enthaltene Cytoblastem verliert sich und wird durch eine klare Flüssigkeit ersetzt, von nun an hört jede Neubildung auf, und meistentheils erweitern sich einzelne senkrechte Reihen kürzerer Zellen auf eine sehr regelmässige Weise, so dass da, wo drei bis fünf solche Zellen zusammenstossen, eine Reihe eng gebliebener etwas stärker verdickter längerer Zellen zu liegen kommt[1]). Während der Zeit haben sich dann auch gewöhnlich die zum Gefässbündel gehörenden langgestreckten Parenchymzellen, die dasselbe entweder ganz umgeben, oder vorn oder hinten oder an beiden Orten ein grösseres Bündel bilden, stark in ihren Wandungen verdickt, so dass das ganze fernerhin unveränderliche Gefässbündel von dem umgebenden Parenchyma scharf geschieden erscheint. Doch finden sich auch Beispiele, wo das Gefässbündel an seinen Gränzen stetig in das gewöhnliche Parenchyma übergeht.

β) Im frühesten Zustande sind die Gefässbündel der Dikotyledonen von denen der Monokotyledonen auf keine Weise zu unterscheiden, die Verschiedenheit wird erst sichtbar, wenn sie sich dem Ende der ersteu Vegetationsperiode nähern. Dann zeigt sich, dass das Cambium sein Ansehen gar nicht verändert, fortwährend in seiner neubildenden Thätigkeit beharrt und daher immer neue Zellenmassen an das Gefässbündel ablagert. Der erste Theil des Gefässbündels bildete sich ganz unter denselben Umständen wie das monokotyledone Gefässbündel, er zeigt daher ganz ähnliche Erscheinungen. Die weitere Fortbildung geschieht aber unter Umständen, die von denen,

1) Vergl auch hierüber *H. Mohl*, *De Palmarum structura*, wo er viele Abbildungen monokotyledoner Gefässbündel gegeben, aber wie mir scheint, die genannte Eigenheit nicht immer charakteristisch genug ausgedrückt hat. Ferner *Moldenhauer*, Beiträge, S. 126 ff.

unter welchen das monokotyledone Gefässbündel sich bildete, sehr verschieden sind. Namentlich wird hier wichtig, dass jede Längsdehnung des Pflanzentheils aufgehört hat. Wenn also, wie es überwiegend häufig der Fall ist, die neu entstandenen Zellen sich noch bedeutend ausdehnen, so giebt ihnen dazu die Länge des Pflanzentheils nicht genügenden Raum; die Enden der Zellen einer horizontalen Schicht drängen sich daher zwischen die Endungen der drüber und drunter liegenden Zellen und spitzen sich dabei zu. Bei allen neu entstandenen Holzzellen bemerkt man, dass sie kürzer als die alten und ihre Enden abgerundet sind, die eigentliche Form der Prosenchymzellen erhalten sie erst später. In dem ersten Theil des Gefässbündels findet man auch niemals solche Zellen; die innersten sind langgestreckte Parenchymzellen und gehen dann nach Aussen ganz allmälig in die Holzzellen über. Es kommen aber auch Fälle vor, wo eine solche Ausdehnung der neu entstehenden Zellen über das ihnen vergönnte Längenmass nicht stattfindet, und dann besteht das ganze Holz nur aus parenchymatischen Zellen, z. B. bei *Bombax pentandra*, *Carolinea minor*, (ob bei allen Bombaceen?). Man bemerkt aber bei dem spätern Product der bildenden Thätigkeit des Cambiums einen grossen Unterschied in seiner Ausbildung und man kann hier zwischen homogenem und heterogenem Holz unterscheiden. Bei dem ersten bilden sich alle Holzzellen gleichförmig aus, z. B. mit 1—4 Längsreihen grosser Poren besetzt bei den Cycadeen und Coniferen; bei dem zweiten bilden sie sich verschieden aus. Diese Verschiedenheit beruht entweder darauf, dass bei gleicher Form und Configuration der Wände einzelne verticale Zellenreihen durch Resorption der Scheidewände in Verbindung treten und so Gefässe darstellen, wie bei dem seltsamen ganz aus Spiralfaserzellen bestehenden Holze der Mamillarien und Melocacten [1]), oder darauf, dass zugleich auch diese Gefässzellen stark erweitert werden wie bei *Ephedra*, oder endlich dass auch noch die Configuration der Zellenwände eine verschiedene ist, wie bei den meisten dikotyledonen Holzarten. Hier finden sich gewöhnlich an den Holzzellen nur zarte Spalten als Andeutungen von Poren, während die Gefässzellen da, wo mehrere aneinanderstossen, ganz dicht mit schön ausgebildeten Poren besetzt sind.

Wie aus der ganzen vorhergehenden Erörterung hervorgeht, sind die Gefässe eine im Ganzen sehr unwesentliche Modifica-

1) Vergl. meine Abhandlung über Anatomie und Physiologie der Cacteen in den *Mém. de l'acad. de Petersb.* a. a. O. *Brogniart Observ. s. l. struct. du Sigillaria elegans. Paris, 1839.*

tion des Zellgewebes, und deshalb darf man sich auch nicht durch den einmal angenommenen Namen Gefässbündel irren lassen. Es kann auch recht wohl dergleichen ohne Gefässe geben, nur aus langgestreckten und vom übrigen Parenchyma sich mehr oder weniger scharf unterscheidenden Zellen zusammengesetzt. Solche Gefässbündel findet man unter den Kryptogamen bei den Moosen und Lebermoosen, unter den Phanerogamen bei *Mayaca fluviatilis*, einigen *Potamogeton*-arten, *Najas* und *Caulinia*, *Ceratophyllum*, kurz bei ganz unter Wasser wachsenden oder doch sich nicht durch ihre Wurzeln, sondern durch ihre ganze Oberfläche ernährenden Pflanzen. Warum man den aus länger gestreckten, dickwandigen, vom übrigen Parenchyma sich deutlich unterscheidenden Zellen zusammengesetzten und an der Stelle der Gefässbündel liegenden Ring oder Cylinder bei den Moosen nicht Gefässbündelkreis nennen will, so gut wie bei d e n Phanerogamen, wo er auch keine Gefässe enthält, sehe ich nicht ein. Die Gefässe haben überhaupt gar sehr die Botanik verwirrt. Es ist Zeit, dass wir einsehen, dass thierisches und vegetabilisches Gefäss mindestens eben so verschieden sind, als thierischer und vegetabilischer Flügel, oder Saamen, kurz alle diese Ausdrücke, wo man durch ein nichts bedeutendes Wortspiel genarrt wird, wenn man nicht gewohnt ist, mit scharf definirten Begriffen umzugehen. Man muss sehr wenig oder sehr oberflächlich beobachtet haben, wenn man nicht einsieht, dass die Gefässe oder Gefässbündel für die Pflanze im Allgemeinen eine höchst untergeordnete Bedeutung haben. Sie fehlen ganzen Pflanzen, oder einzelnen oft den wichtigsten Pflanzentheilen, z. B. den Eichen, dem Staubfaden, während sie sich bei den nächst verwandten Pflanzen finden. Ueberhaupt scheinen sich alle Formen langgestreckter Zellen da zu bilden, wo ein Saftstrom in bestimmter Richtung thätig ist, dadurch werden die Zellenenden beim Ein- und Ausströmen stärker ernährt, also verlängert, so dass alle diese Formen nicht Ursache oder Organ der Saftbewegung, sondern Folge derselben sind. Da aber bei dem beständigen Stoffwechsel überhaupt der Lebensprocess in diesen Zellen rascher verläuft und sie stärker ernährt und folglich verdickt werden, so hören sie auch überhaupt bald auf, die Saftbewegung nur zu gestatten, sie sind die am frühesten absterbenden, ja schon sehr früh (wenn man so sagen darf) relativ todten Zellen. Die Saftbewegung wird daher fortwährend gezwungen, sich in der Pflanze neue Wege zu suchen, so bildet sie bei Kryptogamen und Monokotyledonen neue Gefässbündel, bei Dikotyledonen zieht sie sich immer weiter in die jüngsten Theile des sich fortbildenden Gefässbündels, oder vielmehr sie verursacht, dass beständig ein Theil der vom Cambium pro-

ducirten Zellen wieder zu langgestreckten Gefässbündelzellen wird.

Die ganze Darstellung der Lehre von den Gefässbündeln, so wie ich sie hier gegeben habe, darf ich wohl als mir eigenthümlich ansprechen. Die ersten Grundzüge dazu theilte ich schon früher mit [1]). Alles Wesentliche bezieht sich aber nur auf Stengel und ächte Wurzel, nicht auf die Adventivwurzeln, bei denen noch einige Eigenheiten stattzufinden scheinen, die einer fernern Untersuchung bedürfen.

§. 35.

E) Bastgewebe (*Tela fibrosa*). Dies wird von Zellen gebildet, die so lang gestreckt sind, dass man sie nicht wohl mehr als übereinanderliegende Zellenreihen, sondern nur als nebeneinanderliegende Fasern betrachten kann; ihre Wände sind dabei stark, oft zum Verschwinden des Lumen verdickt, ohne in der Regel eine bedeutende Configuration der Verdickungsschichten zu zeigen, dabei aber meist sehr weich und biegsam. Diese Zellen kommen selten einzeln in Mark und Rinde, häufiger in Bündeln (Bastbündeln) in den scheinbaren Nerven [1]) flacher, schmaler Blätter, in hervorspringenden Kanten der Stengel und sehr häufig in der Nähe der Gefässbündel an der äusseren Seite des Cambiums vor, im letzten Falle nennt man sie Bast (*liber*).

F) Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Dies sind eigenthümliche sehr lange, selten verästelte Zellen mit verdickten Wänden, die sehr feine, oft sich kreuzende, Spiralfasern zeigen, deren Lumen an einigen Stellen bis auf einen feinen Canal reducirt, an andern Stellen, wo sie auffallend blasig angeschwollen sind, sehr bedeutend ist und deren Inhalt ein ächter Milchsaft ist.

G) Milchsaftgefässe (*Vasa lactescentia*) sind langgestreckte, häufig vielfach nach allen Richtungen

1) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. 1, S. 220.
2) die nicht immer Gefässbündel sind.

hin verästelte Zellen (?), zuweilen mit dünnen homogenen, oft (besonders im Alter) mit schichtenweis verdickten, spiralig gezeichneten Wänden (letzteres z. B. bei den blattlosen Euphorbien), einen farblosen oder verschiedenfarbigen Milchsaft führend.

Nirgends in der Pflanzenanatomie drängen sich wohl mehr unerledigte Fragen auf, nirgend ist durch wiederholte und ausführliche Untersuchungen besonders der Entwickelungsgeschichte noch so viel zu leisten, als bei den drei im Paragraph genannten Geweben. Meine bisherigen Beobachtungen ergeben Folgendes:

Die Bastfasern sind in den jüngsten Theilen der Knospe, wo sie noch erkannt werden können, ganz kurze fast spindelförmige Zellen, die mit ihren spitzen Enden zwischen einander geschoben liegen; sowie sich der Theil, dem sie angehören, ausdehnt, dehnen sie sich auch aus, aber in bei weitem stärkerem Verhältniss, so dass sie sich immer mehr zwischen einander drängen und zuletzt der Länge nach aneinander liegen. Ich bezweifle nicht, dass sie auf dieselbe Weise, wie das Prosenchym aus ursprünglich parenchymatischen Zellen entstanden sind. Von ihnen zu den langgestreckten parenchymatischen Zellen giebt es eine Menge Uebergänge, und zwar so stetig, dass man bei vielen Gebilden durchaus nicht sagen kann, welcher Form sie zugerechnet werden sollen. Solche Mittelformen kommen besonders häufig bei den Monokotyledonen in der Nähe der Gefässe vor, doch auch bei Dikotyledonen, z. B. bei einigen Cacteen. Sowie sie sich den Parenchymzellen nähern, tritt auch die Configuration der Wände und zwar als porös und aus vielen scharf abgesetzten Schichten bestehend deutlicher hervor. Will man als wesentliches Kennzeichen festhalten, dass die Bastzellen an beiden Enden allmälig und gleichförmig zugespitzt und stark verdickt sind, so gehören die von mir entdeckten [1]) verästelten Zellen in den Ovarien einiger Aroideen (bei *Monstera* und *Scindapsus*) und in dem Mark von *Rhizophora Mangle* ohne Zweifel auch hierher und bilden so einen schönen Uebergang zu den

Milchsaft führenden Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Ueber den Ursprung dieser Organe ist noch gar nichts beobachtet, nur so viel ist gewiss, dass sie Milchsaft führen, einzeln oder in kleinen Bündeln an der Stelle der Bastbündel liegen (welche dagegen fehlen) und zuweilen verästelt vorkommen, z. B. bei *Hoja carnosa* (nach *Meyen*), sehr schön bei *Sarcostemma viminale*. Die Configuration ihrer Wände ist ganz dieselbe, wie bei ächten alten Milchsaftgefässen.

1) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. 1, S. 231.

Die Milchsaftgefässe sind ebenfalls hinsichtlich ihres Ursprungs noch unerforscht. Sie treten zuerst auf als erweiterte Intercellulargänge und man unterscheidet keine eigne Haut, die aber so dünn seyn kann, dass man sie nicht bemerkt. Was aber auffallend erscheint, ist, dass man ihre Haut auch an den Fugen zweier anliegenden Zellen nicht bemerkt, wo sie doch einen Intercellulargang bilden müssten, wie es alle ächten Zellen thun; auch sieht man an älteren isolirten Gefässen meistens Eindrücke und hervorspringende scharfe Kanten, so dass sie genau in die umgebenden Zellen gepasst haben müssen. Sie sind meist so vielfach und nach allen Seiten hin verästelt, dass es sehr selten gelingt eine Zelle in ihrem ganzen Verlauf zu übersehen, doch gelingt es, wenn man das Gewebe durch Salpetersäure in seine Theile zertrennt. Auch ohne dieses Mittel sieht man, dass sie sich zwar meist durch die ganze Länge eines Pflanzentheils erstrecken, aber dann oft blind geendet sind, an den Seitenästen sieht man das, zumal bei den blattlosen Euphorbien so häufig, dass man sich wundern muss, wie darüber nur Streit entstehen konnte.

In ihrem Verhältniss zu einander scheinen sich diese drei Formen des Gewebes sowie die Milchsaftbehälter ohne eigne Wände (vergl. §. 32. B. b. 1. *β.*) völlig gegenseitig zu vertreten, namentlich findet man an der bestimmten Stelle vor den Gefässbündeln des Stengels bald Milchsaftbehälter, z. B. bei *Mamillaria*, bald Bast bei *Cereus*, bald Mittelbildungen, wie bei den Apocyneen und Asclepiadeen, die bei einigen mehr den Bastzellen gleichen, bei andern, z. B. *Sarcostemma viminale*, von den Milchsaftgefässen nicht zu unterscheiden sind. Nimmt man dazu die verschiedenen Uebergänge, die zwischen den im Paragraphen genannten Geweben stattfinden, so kann man kaum zweifeln, dass allen eine gleiche Bedeutung für die Pflanze zukomme.

Geschichtliches und Kritisches. Der Bast und die Milchsaftbehälter waren schon den ältesten Beobachtern bekannt, die eignen Wände der letzten sah schon *Mirbel*, doch wurden sie durch *Schultz* [1]) genauer beobachtet, der überhaupt grössere Aufmerksamkeit erst auf diese Gebilde lenkte und durch seine mit vieler Arroganz und Selbstgefälligkeit vorgetragene, mit falschen Beobachtungen, unbegründeten Phantasien und andern Verkehrtheiten überladene Theorie einen heftigen Streit unter den Botanikern erregte. Das Hauptresultat desselben ist jetzt

1) Ueber Circulation des Safts im Schöllkraut. Berlin, 1821. Natur der lebenden Pflanze. Berlin, 1832.

die allgemeiner gewordene Ueberzeugung, dass allerdings ein grosser Theil der Milchsaftgefässe eigne Wände hat. *Schultz's* Theorie über die Entstehung der Milchsaftgefässe ist ganz aus ungenügenden Beobachtungen hervorgegangen und jetzt völlig antiquirt. *Unger* meinte sie entständen aus dem Zusammenfliessen von Zellenreihen, ich glaube er wird durch jede genaue Untersuchung widerlegt. Die Entdeckung der Bastzellen der Apocyneen gehört *Mirbel* [1]). Sie liefern wieder einen Beweis, wie *Meyen* die Geschichte behandelt. In seiner Physiologie (I. S. 107) schreibt er sich laut seiner Phytotomie die Entdeckung zu, in der citirten Stelle steht aber nichts davon, auch nicht im ganzen Buche, nur bei der Aufzählung der Milchsaft führenden Pflanzen (nicht der Michsaftgefässe, denn wie sich aus der Sache selbst ergiebt, hat er die meisten Pflanzen gar nicht angesehen) nennt er unter mehreren andern Asclepiadeen auch *Sarcostemma*. *Mohl* [2]) lehrte uns aber diese Bastzellen zuerst genauer kennen. Ueber die Entstehung der Bastzellen hat *Meyen* [3]) eine eigne Ansicht vorgetragen. Sie sollen aus dem Zusammenschmelzen von Reihen parenchymatischer Zellen entstehen, denn in der Knospe von *Aesculus* sähe man an der Stelle der späteren Bastzellen senkrechte Reihen Parenchymzellen, die ganz den Umriss der Bastzellen hätten, und beim Kochen mit Salzsäure zersprängen die Hanffasern in kleine Stücke, die genau wie jene Zellen einzeln genommen aussähen. *Meyen* hat sich die Sache wieder einmal sehr leicht gemacht. Beim Kochen mit Salzsäure erhält man Hanffaserstückchen von sehr verschiedener Länge, selbst die kürzesten sind oft noch so lang wie ein ganzes Internodium aus einer *Aesculus*-knospe. Ein solches Internodium ist höchstens $^1/_4$ Linie lang, eine Bastfaser der Kastanie 4—6 Zoll. Es braucht nicht mehr zur Widerlegung.

§. 36.

H) Filzgewebe (*Tela contexta*) besteht aus sehr langen, dünnen, fadenförmigen, vielfach gewundenen und unter einander geschlungenen Zellen. Es ist doppelt:

1) *Annales des sciences nat. 1835 I. p. 143.*
2) Erläuterung meiner Ansicht über Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen, 1836 S. 22.
3) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. 2, S. 26.

a) Bei den Pilzen als ein ganz weiches für das Gefühl fast talgartiges und leicht zerfliessliches Zellgewebe.

b) Bei den Flechten als ein dürres, zähes, aus gabelig verästelten Zellen verfilztes Gewebe.

§. 37.

I) Epidermoidalgewebe (*Tela epidermoidea*) ist im Allgemeinen die äusserste Zellenschicht einer Pflanze, so weit sie durch Form oder Inhalt sich von dem, was sie bedeckt, unterscheiden lässt, und kommt nur bei den höheren Kryptogamen und den Phanerogamen vor. Man muss unterscheiden:

a) Die Oberhaut, eine continuirliche Zellenschicht. Diese ist eine dreifache nach den Medien, worin sie sich entwickelt:

1) Epithelium. Höchst zartwandige mit homogenem, durchsichtigem, ungefärbtem Safte erfüllte Zellen, die der Fläche nach, ohne Intercellulargänge zu bilden, aneinander schliessen. Bei sich bildenden Pflanzentheilen immer vorhanden, länger bleibend nur in geschlossenen Höhlen, z. B. im Ovario, es ändert sich später meist um, entweder in

2) Epiblema, etwas derbwandige, nach Aussen abgeplattete, aber sonst nicht sehr flache Zellen ohne nach Aussen mündende Intercellulargänge, die sich im Wasser oder in der Erde entwickeln, oder in

3) Epidermis. Diese besteht aus meistentheils sehr flachen tafelförmigen Zellen, deren Wände besonders nach der Seite und nach Aussen derber zu seyn pflegen. Sie schliessen sich überall eng aneinander, nur an bestimmten Stellen bleibt bei den meisten Pflanzen ein Intercellulargang, durch den die Intercellular-Gänge oder -Räume des darunter liegenden Parenchyms frei mit der Luft concurriren können. An der innern Mündung dieses Intercellularganges lagern sich (mit

Ausnahme von *Salvinia* und *Marchantia*) zwei halbmondförmige, mit den concaven Seiten sich zugekehrte Parenchymzellen, die je nach ihrer augenblicklichen Turgescenz eine grössere oder kleinere Spalte zwischen sich lassen, oder eng zusammen liegen und und so den Intercellulargang verschliessen. Diese beiden Zellen sammt dem Intercellulargang nennt man Spaltöffnung (*Stoma*).

b) Die appendiculären Organe, welche alle sich über die Fläche erhebenden aus Zellen bestehenden Gebilde umfassen. Hierher gehören:

1) Papillen (*Papillae*), blosse Ausdehnungen der äusseren Zellenwand entweder als kleine Hügel (besonders auf Blumenblättern), oder als Blasen (z. B. bei *Mesembryanthemum crystallinum*), oder als scheinbare Haare (z. B. die sogenannten Wurzelhaare).

2) Haare (*Pili*), aus einer oder mehreren dünnwandigen der Epidermis aufgepflanzten Zellen von sehr verschiedener Form und Anordnung bestehend. Beispiele sind einfache Haare (*Pili simplices*), verästelte Haare (*P. ramosi*), sternförmige Haare (*P. stellati*), Schüppchen (*Lepides*), geknöpfte Haare (*P. capitati*), Drüsenhaare (*P. glanduliferi*), wenn die oberen Zellen einen eigenthümlichen Saft absondern u. s. w.

3) Borsten (*Setae*), steife, dickwandige, stehende Zellen.

4) Brennhaare (*Pili urentes*), steife, dickwandige, entweder in eine Spitze oder in ein oft zur Seite gebogenes Knöpfchen auslaufende und an der Basis dünnwandigere, keulenförmig angeschwollene, von einer Anzahl warzenförmig über die Epidermis sich erhebender Zellen umschlossene Zellen, die meistens einen ätzenden Saft enthalten.

5) Stacheln (*Aculei*), aus mehreren steifen, dickwandigen, fest verbundenen Zellen, die eine scharfe Spitze bilden, bestehend.

6) Warzen (*Verrucae*), aus mehreren derben Zellen halbkugelig oder ähnlich zusammengesetzt.

c) Korksubstanz (*Suber*). In den Epidermiszellen sammelt sich oft ein grumöser Stoff, aus welchem sich flache, tafelförmige Zellen entwickeln, die Epidermis zellen sprengen und dann zum Theil das bilden, was wir Borke, oder wo es stark entwickelt und elastisch ist, auch wohl Kork nennen, z. B. an saftigen Früchten, besonders aber an Stengeln vom zweiten Jahre ihres Lebens an, auffallend bei *Quercus suber*.

d) Wurzelhülle (*Velamen radicum*). Bei den meisten tropischen Orchideen und einigen Aroideen liegt auf der Epidermis der Wurzeln (Adventivwurzeln) eine Schicht, welche ganz aus den zierlichsten Spiralfaserzellen besteht, deren Inhalt nur Luft ist.

Der Streit über die Natur der Epidermis, der lange Zeit die Wissenschaft bewegt hat, war nur zu einer Zeit möglich, wo trotz aller anschaulichen Erkenntniss doch die Begriffe über die Elementarstructur der Pflanzen noch sehr dunkel und schlecht geordnet waren, und wo man nach an sich falscher Analogie falsche Begriffe von der thierischen Epidermis auch auf die Pflanze übertrug.

Wenn sich bei einer phanerogamen Pflanze irgend ein Theil aus dem Zustande des Cambiums hervorbildet, ist das Erste, was mit leicht erkennbarer Zellenstructur uns entgegentritt, eine Schicht aus einer oder mehreren Lagen zartwandiger, mit homogenem, wasserhellem Saft gefüllter Zellen bestehend, die den sich entwickelnden Theil nach Aussen abgränzt und bedeckt. Diese sich als Zellen verschiedener Bedeutung ankündende Schicht nenne ich Epithelium. Ganz dasselbe findet man bei den sogenannten kryptogamischen Gefässpflanzen (Farnkräutern, Lycopodien, Equiseten, Rhizocarpeen). Auch bei den höheren Lebermoosen (Marchantiaceen) kommt ein Gleiches vor. Dies Epithelium bildet sich aber nach den verschiedenen darauf wirkenden äusseren Einflüssen sehr verschiedenartig aus. Nur in wenig Fällen, wo es durch andere Pflanzentheile in einer Höhle eingeschlossen gehalten wird, behält es längere Zeit seine Natur als Epithelium bei, z. B. im Ovarium; an der Luft, in Wasser und Erde verändert es sich mehr oder weniger, besonders insofern die Zellen derber werden und sich an der Aussenfläche abplatten, was am meisten in der Luft geschieht, weshalb die meisten Epidermiszellen tafelförmig oder bandfömig erscheinen. Auch tritt erst bei der allmäligen Entwickelung die ungleichförmige Ernährung der Seitenwände auf, wodurch rund-

liche oder spitze Vorsprünge gebildet werden, die bei benachbarten Zellen ineinandergreifen, so dass die Gränze beider als Wellenlinie erscheint. Immer aber charakterisiren sich diese Zellen dadurch, dass sie durch ihren Inhalt scharf von den darunterliegenden Zellen verschieden sind und einen durchsichtigen, farblosen oder gefärbten Saft, niemals aber, wie es in vielen Handbüchern nach einem seltsamen, durch den flüchtigsten Blick zu widerlegenden, Vorurtheile heisst, Luft führen. Zu bemerken ist hier noch die sehr verschiedene Configuration der Zellenwände der Epidermis. Eine gewöhnliche Erscheinung ist, dass ihre Wände nach Aussen und den Seiten stärker verdickt sind, als nach Innen, wo sie dem Parenchym angränzen (z. B. Saamenepidermis von *Asparagus officinalis.*) Vielfach kommen Spiralbildungen in denselben vor entweder ohne Gallerte (Saamen von *Hydrocharis Morsus Ranae*), oder mit Gallerte (in dem Pericarpium von *Salvia verticillata*) [1]). Oefter noch sind die Epidermiszellen porös und zwar nicht selten nach den Seiten hin, wo sie unter einander sich berühren (z. B. am Blatt von *Epidendron elongatum*), oder nach den Parenchymzellen hin (z. B. am *Melocactus*-stamm), höchst selten aber nach Aussen hin, doch kommt dies merkwürdige Verhältniss vor an den Blättern von *Abies pectinata*; hier hat jede der dickwandigen Oberhautzellen drei bis vier Reihen von Porencanälen, die nach Aussen verlaufen und in einer kleinen rundlichen Höhle endigen. Doch ist hier noch die Entwickelungsgeschichte zu verfolgen. Die Zellen der Epidermis schliessen so fest aneinander, dass zwischen ihnen kein sich nach Aussen öffnender Intercellulargang sich befindet. Nur wenn sich das Epithelium an der Luft zur Epidermis entwickelt, so weichen die Zellen bei ihrer allmäligen Ausdehnung an den Kanten auseinander und bilden Intercellullargänge, entweder überall wie bei *Salvinia*, oder nur an bestimmten Stellen wie bei den übrigen Pflanzen; zuweilen nur gruppenweise, während der übrige Theil der Oberhaut auf grösseren Strecken von diesen Intercellulargängen frei bleibt (*Saxifraga sarmentosa*) [2]); zuweilen in bestimmten vertieften, von Haaren umgebenen und versteckten Stellen der Oberhaut (wie bei *Nerium Oleander, Banksia* und *Dryandra spec.*). Dieser Intercellulargang wird bei seiner Bildung von einer einfachen Zelle gegen das Innere des Blattes

1) Vergleiche meine Beiträge zur Phytogenesis in *Müller's* Archiv 1838, S. 151 ff.

2) Hier sind die Oberhautzellen polygone Platten, nur wo die Spaltöffnungen liegen, sind auch die umgebenden Zellen mit welligen Rändern versehen.

zu verschlossen. Bei der weiteren Entwickelung bilden sich aber in dieser Zelle, die später resorbirt wird, zwei neue Zellen, die allmälig eine halbmondförmige Gestalt annehmen und mit den concaven Seiten sich zugewendet eine Spalte zwischen sich lassen, durch welche sich der Intercellulargang in das Parenchyma mündet, in welchem gewöhnlich grade an dieser Stelle ein grösserer Intercellularraum oder doch ein Intercellulargang, der in einen solchen führt *(Nymphaea)*, befindlich ist. Diese halbmondförmigen Zellen fehlen bei *Salvinia* und bei den Marchantiaceen [1]), kommen aber bei einigen Proteaceen doppelt vor [2]). Zuweilen findet man hier eine Verkrüppelung, die bei den Blättern der Opuntien fast gesetzmässig wird, dass sich nämlich drei bis fünf halbmondförmige Zellen bilden, die ziemlich regellos aneinandergedrängt sind. Die Lage dieser Spaltöffnungszellen im Verhältniss zur ausgebildeten Oberhaut ist sehr verschieden, oft sind sie sehr hinausgedrängt, so dass eigentlich der Intercellulargang zwischen den Oberhautzellen erst unter ihnen anfängt, zuweilen liegen sie in einer Fläche mit den Oberhautzellen mitten im Intercellulargang, zuweilen dicht unter dem letztern. Ihr Inhalt gleicht fast ohne Ausnahme dem der drunter liegenden Parenchymzellen, selten oder nie den Oberhautzellen; nur wenige Fälle (*Agave lurida, Aloe nigricans* und einige andere) sind mir bekannt, wo ein auffallender Stoff, nämlich Oel oder Harz, darin vorkommt. Häufig sind die der Spaltöffnung zunächstliegenden Zellen der Epidermis von den übrigen Oberhautzellen abweichend geformt und angeordnet, oder von anders gefärbtem Inhalt, so dass man schon an dieser Anordnung mit ziemlicher Sicherheit Familie oder Geschlecht der Pflanze bestimmen kann (z. B. Cacteen, *Tradescantia etc.)*, namentlich kommt es oft vor, dass die zunächst angränzenden Zellen viel flacher sind, so dass schon sie mit den Seitenwänden der folgenden Epidermiszellen einen grösseren Intercellularraum von drei Seiten begränzen.

Zum Theil sehr abweichende Erscheinungen bietet die Epidermis der Wurzeln tropischer Orchideen und Aroideen dar. Hier liegen die sehr abweichenden Spaltöffnungszellen stets nach Aussen auf der Epidermis und gehören nicht dem Parenchym der Rinde, sondern der Wurzelhülle an. Am regelmässigsten und gewöhnlichsten ist die Form dieser innern Spaltöffnungen

1) Hier ist der Intercellularraum von eigenthümlich flaschenförmig-papillösen Zellen begränzt.

2) Vergl. auch *H. Mohl*, Ueber die Spaltöffnungen der Proteaceen in *N. A. A. L. C. N. C. T. XVI. P. 2.*

bei *Pothos crassinervis*, höchst complicirt und abweichend bei *Aerides odorata*, bei verschiedenen andern bald deutlicher hervortretend, bald weniger auffallend, aber immer erkennbar.

Historisches und Kritisches. Die Ausbildung der Lehre von der Oberhaut hing sehr von den genauen Untersuchungen ab, die wir fast allein erst in diesem Jahrhunderte genügend erhalten haben. Dennoch wurde viel missverstanden, auch Vieles wenigstens von Einzelnen schlecht beobachtet. Die wichtigsten Mitarbeiter sind *Kroker*, Vater [1]) und Sohn [2]), *Treviranus* [3]), *Meyen* [4]), *Brogniart* [5]), *Unger* [6]) und *Mohl* [7]). Die Ansicht von *Brogniart*, dass die Epidermis eine zarte structurlose Membran sey, kann erst später gewürdigt werden (§. 69.). In neuerer Zeit haben einige Botaniker statt des Wortes Spaltöffnung (*Stoma*) den Ausdruck Hautdrüse angenommen, hier, wie so häufig mit den Worten in der Wissenschaft nur spielend. Nach meinen Untersuchungen darf ich dreist behaupten, dass die beiden halbmondförmigen Zellen (ausser in ihrer Form und Lage), namentlich in ihrem Inhalt und ihrer Function bei wenigstens zwei Drittheil aller Pflanzen nicht von den gewöhnlichen Zellen des Blattparenchymes abweichen, aber wenn man mir nur beweisen kann, dass von dem übrigen Drittheil auch nur bei 50 Pflanzen diese Zellen eine entschiedene Drüsennatur haben, so will ich gern den durchaus unpassenden Ausdruck annehmen. Mit der sogenannten dunkeln Materie, die in den Spalten vorkommen soll, ists aber, wenige Fälle ausgenommen, nichts; wer die Geduld zu gründlicher Untersuchung hat, kann sich überzeugen, wie das Wasser die in der Spalte eingeschlossene Luft absorbirt und die Spalte rein zurücklässt; ein geübter Beobachter sieht freilich ohnehin Luft nicht für feste Substanz an [8]).

Appendiculäre Organe. Wenn auch die Oberhaut im Allgemeinen der Theil ist, der am frühesten aufhört, entwickelungsfähig zu seyn, so bleibt sie es doch häufig wenigstens an bestimmten Stellen. Die einfachste Form ist die blosse Ausdehnung der äusseren Zellenwand als längere oder kürzere Papille, welche den Blumenblättern ihren Sammtglanz, den

1) *De plantarum epidermide. Halae, 1800.*
2) *De plantarum epidermide. Breslau, 1833.*
3) Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen, 1811.
4) Phytotomie S. 67 ff.
5) *Annales des sciences nat. Vol. XXI.*
6) Die Exantheme der Pflanzen. Wien, 1833.
7) Am angef. Ort.
8) Vergl. meine Bemerkungen in *Wiegmann's* Archiv 1838, Bd. 1, S. 56.

Wurzeln so oft ein haariges Ansehen verleiht. Häufig findet diese Papillenbildung aber nur an bestimmten Zellen statt und in den Papillen entwickeln sich zwei bis fünf Zellen, die anfänglich rundlich sind, allmälig sich in die Länge strecken und so ein zelliges der Epidermis aufgepflanztes Haar darstellen. Dies ist eine ziemlich allgemeine Entwickelungsweise der Haargebilde, wofür indess noch ausführliche Untersuchungen zu machen sind. Oft tritt nur eine einzelne Zelle über die Fläche der Oberhaut hervor als einfaches Haar oder höchst mannigfaltige Formen bildend, z. B. sehr häufig zum Köpfchen anschwellend oder in Aeste auswachsend, z. B. die Haare an einigen *Malpighia*-arten, an *Rhamnus*, die aus einer Zelle bestehen, welche sich gleich auf der Fläche in zwei Aeste ausdehnt, die der Oberhaut fest angedrückt sind, ferner die merkwürdigen vierarmigen Zellenpaare in den Luftblasen der *Utricularia*. Dies sind anfangs zwei nebeneinanderliegende runde Zellen, dann wachsen sie in zwei kurze Stiele aus, die sich wieder zu Köpfchen ausdehnen und endlich jede zwei Arme, einen kurzen und einen langen, hervortreiben. Auch unter den zusammengesetzten Haaren sind die Köpfchen tragenden ausserordentlich häufig; entweder besteht der Stiel aus einer Zelle, oder aus einer Zellenreihe, oder aus mehreren, ebenso das Köpfchen, welches oft grün ist, oft gefärbt, oft eigenthümliche Säfte enthält und absondert [1]). Zuweilen zeigen sich sogar einzelne Spiralgefässe in den Haaren, z. B. bei *Drosera*. Gewisse Haarformen charakterisiren oft recht gut natürliche Familien, z. B. die Brennhaare die Borragineen, obwohl sie bei den wenigsten eigentlich brennen. Sehr eigenthümlich sind die Haare, deren Inhalt zu einer bestimmten Zeit verschwindet, ohne, wie es scheint, durch Luft ersetzt zu werden, so dass das Haar dadurch zum Theil in seine eigene Höhle hineingezogen wird. Diese merkwürdige Erscheinung findet sich besonders an den Haaren des Stylus bei den Campanulaceen [2]), kommt aber auch gar nicht selten bei den kugeligen Endzellen kopfförmiger Haare vor, die dann aussehen, als ob die eine Hälfte abgeschnitten oder als Deckel abgesprungen wäre [3]).

Eine Arbeit über die Haare, ausgezeichnet durch einen grossen Reichthum von Einzelheiten, hat *Meyen* [4]) geliefert.

1) Der ganze Begriff der Drüse hat mir aber bei den Pflanzen keinen Sinn und deshalb mache ich hier wie anderswo keinen Unterschied

2) Vergl. auch *Brogniart* in *Ann. d. sc. nat. 1839, p. 244.*

3) So ist es wirklich von *Meyen* aber wohl mit Unrecht angesehen worden.

4) Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin, 1837.

Korksubstanz. Bei gewissen Pflanzen, namentlich den baumartigen, und an gewissen Theilen, besonders dem Stengel, aber auch der Frucht, geht zu einer bestimmten Zeit eine eigenthümliche Veränderung in der Oberhaut vor. Es sammelt sich in ihren Zellen eine gelbliche granulös-schleimige Materie, die sich nach und nach so anhäuft, dass sie die äusseren Zellenwände als zusammenhängende Membran von den untern losreisst und in die Höhe hebt. Zugleich bilden sich auf eine noch unerforschte Weise in dieser Substanz Zellen, die sich fast ganz regelmässig zu viereckigen Tafeln gestalten und in zusammenhängenden concentrischen Schichten und zugleich radial anordnen. Völlig ausgebildet zeigen sie eine grosse Elasticität und stellen das Gewebe dar, welches im vollkommensten Zustande von uns Kork genannt wird, aber in unzähligen Modificationen, dem Wesen nach aber dasselbe überall sich zu bilden scheint, wo eine Oberhaut längere Zeit vegetirt. Wenn der Korkbildungsprocess einmal eingeleitet ist, so setzt er sich an der innern Fläche desselben fort, wenn nicht diese ganze Schicht zu einer bestimmten Zeit vom Baume abgeworfen wird, worauf sie sich nicht wieder erzeugt, z. B. beim Wein, bei *Clematis vitalba*. *Mohl* [1]) hat zuerst diese Substanz genauer kennen gelehrt, ich [2]) suchte ihre Entstehung aufzuklären.

Wurzelhülle. Wenn man die sogenannten Luftwurzeln von *Pothos crassinervis* untersucht, findet man eine deutliche Oberhaut mit Spaltöffnungen, deren halbmondförmige Zellen mit einem braunen körnigen Stoff erfüllt sich auf der Aussenfläche der Epidermis erheben und hier in ein Gewebe hineinragen, welches aus sehr locker verbundenen etwas gestreckten Zellen besteht, deren Wände die zierlichsten Spiralfibern zeigen und ganz mit Luft erfüllt sind, wodurch das glänzend weisse Aussehen dieser Wurzeln bedingt wird. Wie diese Lage entsteht, ist mir noch nicht gelungen deutlich zu erkennen, sie bildet sich aber gleich an der Spitze der Wurzel mit den übrigen Theilen derselben Dieselbe Schicht findet sich an den Wurzeln der meisten tropischen Orchideen, und hier zeigen die Zellenwände oft die auffallendsten Modificationen. Besonders zeichnet sich *Aerides odorata* aus, wo Alles wunderbar, aber nicht zu beschreiben, sondern nur durch Abbildungen deutlich zu machen ist. Ich untersuchte sie sonst noch bei *Epidendron elongatum* und fünf andern Species, bei *Cattleya Forbesii*, *Brassavola cordata*, *Maxillaria atropurpurea*, *Harinsonii*, *Acropera*

1) Ueber die Entwickelung des Korkes und der Borke. Tüb., 1836.

2) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen a. a. O.

Loddigesii, *Cyrtopodium speciosissimum*, *Oneideum altissimum* und drei andern Species, ferner bei *Pothos reflexa*, *acaulis*, *violacea*, *cordata*, *longifolia*, *digitata*, welchen letzteren sechs die Spiralfasern, nicht aber die Zellen fehlen. Bei andern Familien habe ich nichts Aehnliches entdecken können. Die Wurzeln haben gewöhnlich eine frisch grüne Spitze. Hier sind nämlich die Zellen noch safterfüllt und deshalb scheint das grüne Rindenparenchyma durch. Das ganze Verhältniss ist bei der in den meisten Fällen so deutlich charakterisirten Oberhaut so auffallend, dass diese Schicht wohl als eigenthümliches Gewebe aufgeführt zu werden verdient. *Link* [1]) entdeckte diese Schicht, *Meyen* [2]) untersuchte sie genauer, keiner hat sie richtig gewürdigt.

Zweites Capitel.

Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich allein betrachtet.

§. 38.

Auf die Pflanzenzelle wirken natürlich alle physikalischen und chemischen Kräfte an der Erde ein. Soweit diese auffallende Erscheinungen hervorrufen und insbesondere soweit sie durch die Zelle selbst, an und in der sie sich äussern, eine besondere Form der Wirkung zeigen, nenne ich ihre Wirkungen im Ganzen das Leben (*vita*) der Zelle. Die meisten physikalischen Kräfte sind uns noch zu wenig genau bekannt, um die Eigenthümlichkeiten, die sie unter besonderen Verhältnissen zeigen, auffassen zu können. Man kann hier nur sehr allgemein sagen, dass die verschiedenen chemischen Processe in der Zelle auch von Veränderungen der Tem-

1) *Elem. phil. bot. Ed. I. p. 393.*

2) Physiologie I. S. 47. *Dutrochet* hat nichts davon, das Citat hat *Meyen* aus *Link* abgeschrieben, ohne es nachzusehen und ohne nur zuzusehen, wozu *Link* eigentlich citirt.

peratur, der Elektricität, der absoluten und specifischen Schwere u. s. w. begleitet seyn müssen, ohne dass man zur Zeit noch messend und rechnend nachkommen könnte. Es bleiben daher für genauere Betrachtung nur wenige Verhältnisse, die sich als Aufnahme fremder Stoffe (*endosmosis*), Veränderung derselben (*assimilatio* und *secretio*) und Ausscheidung des Ueberflüssigen (*exhalatio* und *excretio*), Gestaltung des Assimilirten (*organisatio*), Bewegungen des Inhalts der Zelle (*circulatio*), Bewegung der ganzen Zelle (*motus*), Bildung neuer Zellen in der alten (*propagatio*) und Aufhören aller Processe (*mors*) betrachten lassen.

I. *Aufnahme fremder Stoffe.*

§. 39.

Die Zellenmembran ist völlig geschlossen (wenigstens in der Jugend), aber gegen alle vollkommenen Flüssigkeiten permeabel. Sie nimmt also alle völligen Auflösungen durch ihre Wand in ihre Höhle auf. Da sie in Folge der beständig in ihr vorgehenden chemischen Processe stets eine dichtere Flüssigkeit als Wasser oder höchst diluirte Salzlösungen enthält und zwar meist eine solche, die, wie Gummi- und Zuckerlösung, eine grosse Verwandtschaft zum Wasser hat, so zieht diese das Wasser mit einer gewissen Kraft in die Höhle der Zelle hinein, wogegen nur wenig von dieser concentrirten Flüssigkeit austritt. Seit *Dutrochet* nennt man diesen Process des Einströmens Endosmose, den des Ausströmens Exosmose.

Schon oben (S. 177) ist die Eigenschaft des Membranenstoffs erwähnt, Flüssigkeiten durch sich durchzulassen. Es ist eine ganz überflüssige und unbeholfene Hypothese, hierbei an kleine, unsichtbare Poren zu denken, vielmehr stehen hier Membran und Flüssigkeit in demselben Verhältniss zu einander, wie Salz und auflösendes Wasser. Sowie hier in jedem Massen-

differenzial [1]) sowohl Salz als Wasser vorhanden ist, so auch in der Membran Membranenstoff und Wasser, nur mit dem Unterschiede, dass die Membran nie durch das Wasser verflüssigt wird, weil sie nur eine bestimmte, geringe Menge auflöst und dann nicht eher neues Wasser aufnimmt, als bis sie das zuerst aufgenommene wieder abgegeben hat. Dieses Abgeben der in die Membran aufgenommenen Flüssigkeit wird nun hervorgerufen durch die Verwandtschaft des Wassers zu gewissen anderen Stoffen, die in der Zelle enthalten sind. Wenn man Gummi oder Zucker in einer geringen Menge Wasser auflöst und darauf vorsichtig anderes reines Wasser aufgiesst, so bleiben beide verschieden - dichten Flüssigkeiten eine kurze Zeit aber nur scheinbar unvermischt, in der That aber beginnt sogleich an der Gränze ein Process, indem die concentrirtere Flüssigkeit die diluirtere anzieht, und dieser Vorgang dauert so lange fort, bis sich beide Flüssigkeiten fast gleichförmig vermischt haben; diese Anziehung findet mit einer gewissen Kraft statt, weil dadurch gegen das Gesetz der Schwere die schwerere Flüssigkeit allmälig bis zum Niveau der leichteren gehoben wird. Trennt man beide Flüssigkeiten durch eine vegetabilische (oder thierische) Membran, so verhindert diese die Anziehung nicht, weil sie sogleich von der Flüssigkeit durchdrungen, beide Flüssigkeiten also wieder in Berührung gebracht werden. Die dichtere Flüssigkeit wird aber dabei schwerer von der Membran aufgenommen, als die weniger dichte. Die Flüssigkeiten kommen also auf Seite der dichteren mehr in Berührung und die dichtere Flüssigkeit kann der Membran mehr von der dünnern entziehen, als auf der andern Seite die dünne von der dichteren. Da nun jedesmal die Membran die ihr auf der einen Seite entzogene Flüssigkeit auf der andern wieder ersetzt, so wird allmälig ein bedeutender Theil der dünneren Flüssigkeit auf die Seite der dichteren übergeführt, dagegen nur wenig von der dichteren auf die Seite der dünneren. Stellt man den Versuch so an, dass die dichtere Flüssigkeit sich über der dünneren in einer engen Röhre befindet, so wird in derselben die Flüssigkeit dem hydrostatischen Gleichgewicht entgegen steigen und zwar muss die Anziehungskraft beider Flüssigkeiten zu einander genau dem Drucke der auf diese Weise gebildeten Flüssigkeitssäule das Gleichgewicht halten, also durch die Höhe dieser Säule gemessen werden. Ganz dasselbe Verhalten zeigt sich aber auch, wenn man statt verschieden dichter Flüssigkeiten gewisse specifisch verschiedene Flüssigkeiten nimmt, wobei oft die weniger dichte, z. B. Alkohol im Verhält-

1) *Sit venia verbo.*

niss zu Wasser die Rolle der specifisch dichteren in dem angeführten Beispiele übernimmt. *Dutrochet* nannte das Eintreten der dünneren Flüssigkeit durch eine Membran die Endosmose, das stets bei weitem schwächere Austreten der dichteren Exomose und die durch die Höhe der Flüssigkeitssäule gemessene Kraft der Anziehung zwischen beiden Flüssigkeiten die endosmotische Kraft der dichteren Flüssigkeit. Durch einen zweckmässigen Apparat bestimmte *Dutrochet* die relative Grösse dieser Kraft bei folgenden Substanzen und gegen Wasser wie folgt:

Thierisches Eiweiss . . .	12,
Zucker	11,
Gummi	5,17

Zu den stickstoffhaltigen vegetabilischen Stoffen gehört auch das Pflanzeneiweiss, welches dem thierischen in vieler Beziehung ähnlich ist. In seinen physikalischen Eigenschaften ist es schwer oder gar nicht von den übrigen oben (§. 19.) unter dem Worte Schleim zusammengefassten vegetabilischen Stoffen zu unterscheiden. Mir scheint es daher nicht unrichtig, für diesen Schleim, aus dem sich der Cytoblast bildet, eine ähnlich starke endosmotische Kraft anzunehmen, wie für das thierische Eiweiss. So erklärt sich uns dann leicht, wie gleich nachdem der Cytoblast sich mit einer Membran umgeben (S. 191), sogleich die Endosmose beginnt und so in die Zelle Stoffe eingeführt werden, auf welche der Cytoblast von Neuem umändernd einwirken kann. Werden hierdurch Zucker oder Gummi gebildet, so findet sich wieder im Innern der Zelle ein Stoff, der den Process der Endosmose lebhaft unterhält u. s. w. Ich glaube nicht, dass es irgend mehr bedarf, um die Art der Aufnahme fremder Stoffe in die Pflanzenzelle vollständig zu erklären, da, wie später sich zeigen wird, dieser einfache Process sogar hinreicht, die grossartigsten Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze zu verstehen.

Die Entdeckung dieses ganzen Processes machte *Dutrochet* zuerst bekannt in einem Aufsatz:

L'agent immédiat du Mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. Paris, 1826.

Später wurde die Sache von *De la Rive*, *Poisson*, *Mitscherlich*, *Fischer* und *Magnus*, von *Dutrochet* selbst und Andern weiter verfolgt, worüber in *Poggendorff's* Annalen Bd. XI, 138. Bd. XXVIII, 134, 359 und in *Schweigger's* Journal Jahrgang LVIIII, 1 und 20, sowie in den verschiedenen Bänden von *Dove's* Repertorium nähere Nachricht gegeben ist.

§. 40.

Das allgemein in der Natur verbreitete Lösungsmittel, das Wasser, ist auch die von der Pflanzenzelle aufgenommene Flüssigkeit, welche derselben alle übrigen Stoffe zuführt. Unter den letztern sind Kohlensäure und Ammoniak die wesentlichsten, beide in jedem meteorischen oder längere Zeit mit der Luft in Berührung gewesenen Wasser enthalten. Wasser, Kohlensäure und Ammoniak enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, also alle zur Bildung der assimilirten Substanzen (§. 17.) und somit zur eigentlichen Ernährung der Zelle wesentlichen Elemente. Daneben werden aber der Zelle gelegentlich noch in kleinen Theilen alle im Wasser löslichen Stoffe, deren das Wasser sich bemächtigen kann, zugeführt.

Nichts ist trotz der unendlichen Menge Arbeiten über die Ernährung der Pflanzen bisher noch unsicherer gewesen, als die Ansichten über die nothwendigen Nahrungsstoffe der Pflanze, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil man die Sache von hinten anfing und Experimente und Speculation an die ganzen complicirten Pflanzen verschwendete, statt sich erst nach dem Gesetz für die einfachsten Fälle umzusehen. Der einfachste und natürlichste Gegenstand für solche Untersuchungen ist aber *Protococcus viridis* oder eine andere Conferve, die aus einer oder wenigen Zellen besteht, alle allgemeinen und dem Leben der Zelle wesentlichen Stoffe enthält und frei schwimmend im Wasser lebt. Diese Pflanzen bedürfen zu ihrem Vegetiren nichts als reines Wasser, welches aus der Atmosphäre Kohlensäure und Ammoniak [1]), welche beide stets darin enthalten sind, aufnehmen kann, und vielleicht eine geringe Quantität von unorganischen Salzen, deren Nothwendigkeit für die Vegetation dieser einfachsten Pflanzen bis jetzt aber nur nach Analogie mit den höheren Pflanzen postulirt wird, nicht aber erwiesen ist. Hiermit ist ihnen Alles gegeben, was sie brauchen. Leicht ist aber das Experiment zu machen, dass sie in einem Wasser, welches man beständig mit einer grössern Menge von Kohlensäure schwängert (etwa indem man ein Gefäss, welches gäh-

1) Man vergleiche hier die geistreichen Winke von *Liebig* in seiner Organischen Chemie S. 64 ff.

rende Stoffe enthält, durch ein Glasrohr mit demselben in Verbindung setzt), freudiger und üppiger gedeihen, als in einem Wasser, welchem man Dammerdeextract, also Humussäure und humussaure Salze zugesetzt hat. Sie gedeihen sogar in letzterem nicht so gut, als in reinem Wasser, Beweis genug, wie unwesentlich diese Substanzen für das Leben der Zelle sind. Ausführlicher wird aber über diesen Punct noch weiter unten bei Gelegenheit der Function der Wurzel zu sprechen seyn. Hier genügte es, den einfachsten Fall aufgewiesen zu haben, bei dem die Richtigkeit der aufgestellten Ansicht Jedem gleich einleuchtet und durch das einfachste Experiment, durch die Vegetation des *Protococcus viridis* sogleich erwiesen wird. Dass dagegen die rohen Versuche von *Meyen* [1]), der Pflanzen in carrarischem Marmor wachsen liess und mit kohlensaurem Wasser begoss, nichts beweisen, ist von selbst klar, denn die Kohlensäure musste eine auf jeden Fall für die Pflanzen schädliche Menge des kohlensauren Kalks auflösen. Wer solche Versuche anstellen will, sollte doch so bekannte chemische Thatsachen nicht übersehen.

Hier wäre noch zu bemerken, dass, da die Aufnahme durch die Endosmose bedingt ist, von der Zelle Alles aufgenommen wird, was ihr als völlige Auflösung dargeboten wird, also auch alle für sie schädlichen Substanzen, z. B. mineralische und vegetabilische Gifte sowie Gerbestoff, der durch Störung des chemischen Processes in der Zelle schnell ihr Leben endet. Der Zelle kommt in dieser Hinsicht keine Wahlfähigkeit zu als die, welche sich aus der grösseren endosmotischen Anziehung des Zelleninhalts gegen den einen oder den anderen Stoff ergiebt; von keiner anderen Wahlfähigkeit haben wir den geringsten Beweis (in der Aufnahme der Gifte einen entschiedenen Gegenbeweis), also gehört sie vorläufig nicht in die Wissenschaft [2]). Auf der andern Seite ist jede Flüssigkeit zur Ernährung der Zelle untauglich, welche wegen ihrer specifischen Natur, z. B. Alkohol, oder wegen ihrer Dichtigkeit, z. B. concentrirte [3]) Gummi- und Zuckerlösung, die Endosmose unmög-

1) Physiologie Bd. 2, S. 134 ff.

2) Man vergleiche hier auch die Versuche von *de Saussure*. (Chemische Untersuchungen über die Vegetation. A. d. Fr. von *Voigt*. Leipzig, 1805, S. 228 ff.).

3) Die Versuche von *de Saussure* und *Davy* beweisen entschieden, dass Pflanzen in diluirter Zucker- oder Gummilösung vortrefflich gedeihen. Bei den Thieren ist die Ernährung durch blosses Fleisch gewiss genug. Herr *Liebig* (Organische Chemie S. 23) stellt dagegen das Gesetz auf: „Keine Materie kann als Pflanzennahrung angesehen werden, deren Zusammensetzung ihrer eignen gleich oder ähnlich ist, deren Assimilation

lich macht, sollte sie auch sonst Alles enthalten, was zur Ernährung der Zelle nothwendig ist [1]).

II. *Assimilation der aufgenommenen Stoffe und Secretion.*

§. 41.

Die assimilirten Stoffe (*Materia assimilata*) bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, diese vier letzteren sind also allein die assimilirbaren. Sobald dieselben auf die angegebene Weise ins Innere der Zelle geführt sind, so entstehen chemische Processe, deren Grund der stets vorhandene Schleim zu seyn scheint, durch welche das Wasser zersetzt und der Wasserstoff mit der Kohlensäure verbunden wird, woraus die erste Klasse der assimilirten Stoffe hervorgeht, ferner Ammoniak verwendet wird, um die stickstoffhaltigen Bestandtheile, Schleim u. s. w. zu bilden.

Seit wir die Eigenschaft gewisser Stoffe haben kennen lernen, durch ihre blosse Gegenwart chemische Processe einzuleiten und fortzuführen, ohne selbst an diesem Process Antheil zu nehmen, oder in die Verbindungen mit einzugehen (Katalyse *Berz.*, Contactwirkung *Mitsch.*), seit die Eigenschaft so vieler Stoffe genauer studirt ist durch ihre Gegenwart chemische Processe hervorzurufen, weil sie zu dem aus denselben hervorgehenden Product eine grosse chemische Verwandtschaft haben (prädisponirende Verwandtschaft) — seitdem wird es uns nicht mehr schwer, den ganzen Lebenspross im Innern der Zelle auf einfache chemische Vorgänge zurückzuführen. Damit will ich keineswegs behaupten, dass wir schon überall wüssten, wie es wirklich in der Zelle hergeht, aber wir sehen vollkommen ein, dass wir nicht mehr nöthig haben, zu Lebenskraft und dergleichen unsere Zuflucht zu nehmen, weil wir zur Erklärung vollkommen mit jenen chemischen Vorgängen ausreichen werden.

also erfolgen könnte, ohne dass Kohlensäure ersetzt würde". Woher hat denn Herr *Liebig* dies rein aus der Luft gegriffene Gesetz?

1) Vergl. auch *Davy*, Elemente der Agriculturchemie. Aus d. Engl. von *Wolff*. Berlin, 1814, S. 305.

Assimilirte Stoffe nenne ich nur die, welche oben (§. 17 u. f.) unter diesem Namen aufgezählt sind, und zwar mit gutem Bedacht. Nur das, was sich die einfache Zelle aneignet, sich verähnlicht, was zu ihrer Bildung und Erhaltung im einfachsten Falle durchaus nothwendig ist, kann hier aufgeführt werden, weil man dies allein als allgemein für alle Pflanzenzellen in Anspruch nehmen darf. Damit soll freilich nicht gesagt seyn, dass das oben aufgeführte Register schon vollständig ist; vielleicht kommen noch manche Stoffe hinzu, die ich vorläufig ausgeschlossen habe, weil wir ihre Beziehung zu den andern noch nicht genau kennen, z. B. Harz, welches sehr häufig vorkommt, aber doch nirgends auf eine Weise, wie fettes Oel, dass wir seinen Uebergang in die genannten assimilirten Stoffe bestimmt annehmen müssten. Auf diese Weise aber bekomme ich einen leicht festzuhaltenden Unterschied zwischen assimilirten Stoffen und Secretionsbildungen, während sonst die Gränze gar nicht zu ziehen ist und rein willkürlich bleibt. Hier wie überall versteht es sich von selbst, dass alle angebliche Analogie mit den Thieren (vergl. oben S. 46 f.) als gänzlich unanwendbar aus dem Spiel bleibt und die Worte nur einen eigenthümlichen botanischen Begriff bezeichnen.

Schwann [1]) scheint in dem chemischen Processe der Zelle noch etwas Geheimnissvolles zu finden, er spricht hier von der metabolischen Kraft, die er der Zelle im Gegensatz zum Cytoblastem vindicirt. Bei den Pflanzenzellen findet man durchaus darin keine Schwierigkeit mehr und *Schwann* hat nur nicht scharf genug unterschieden. Jedes vegetabilische Cytoblastem enthält nothwendig ausser der bildungsfähigen Flüssigkeit, dem Zucker, Gummi u. s. w., einen stickstoffhaltigen Stoff (Schleim), dem die katalytische Kraft (*Schwann's* metabolische) zukommt. Sowie dieser die neue Zelle bildet, wird er auch sogleich in dieselbe eingeschlossen und somit sind sogleich in jeder Zelle wiederum die Bedingungen zum ferneren chemischen Process gegeben. Wie aber der Lebensprocess der ganzen Zelle auf das Medium, in welchem sie vegetirt, zurückwirkt und auch hier (wie in dem von *Schwann* angeführten Beispiel der Weingährung), obwohl nicht immer (wie wahrscheinlich im gewöhnlichen vegetabilischen Cytoblastem) chemische Zersetzungen hervorruft, ist eine andere Frage, die wir noch nicht wohl lösen können, deren Lösung aber auch erst dann, wenn wir die Vorgänge im Innern der Zelle vollständig der wissenschaftlichen Einsicht unterworfen haben, auf eine bedeutsame Weise versucht werden kann.

1) Mikroskopische Untersuchungen u. s. w. S. 234 ff.

Zu den Stoffen, die genügen, die Bildung der assimilirten Substanzen zu erklären, habe ich nur Wasser, Kohlensäure und Ammoniak (frei oder als kohlensaures Salz) gerechnet. Diese müssen aber in ihre Elemente zerlegt und diese anders verbunden werden, wenn assimilirte Stoffe daraus hervorgehen sollen. Nimmt man von den letzteren den sehr weit verbreiteten Traubenzucker, der im wasserfreien (?) Zustande nach *Brunner* aus $C^{12} (H^2O)^{12}$ besteht, so bedarf es zu seiner Bildung 12 CO^2 und 12 H^2O. Daraus entsteht 1 Traubenzucker ($C^{12} (H^2O)^{12}$) und 24 O, welche frei werden. Zu dem Ende müsste aber wenigstens 6 CO^2 ebenfalls zersetzt werden. Nun weiss man aber, dass CO^2 eine der allerfestesten Verbindungen ist, deren Zersetzung der Chemie auf keinem Wege gelingt, dagegen ist bekannt, dass H^2O eine gar leicht zersetzbare Verbindung ist [1]), und so erscheint es viel wahrscheinlicher (da ohnehin Wasser stets in einer unverhältnissmässig grösseren Menge aufgenommen wird), dass sich mit 12 CO^2 die 24 H^2 von 24 H^2O verbinden, 24 O frei werden und erst von der entstandenen Verbindung sich wieder 12 H^2 und 12 O als Wasser abscheiden, besonders da man auf diese Weise durch das blosse Ausscheiden von mehr oder weniger Wasseratomen aus dieser hypothetischen Verbindung von 12 C 24 H^2O leicht die Entstehung der meisten und wichtigsten assimilirten Stoffe von 12 C 8 H^2O bis 12 C 14 H^2O erklären kann. Bei der Bildung der stickstoffhaltigen Verbindungen ist die Sache noch nicht so weit gediehen, da wir keine auf Atome berechnete Analyse der hierher gehörigen Stoffe haben. Wir wissen aber, dass Ammoniak und Ammoniaksalze fast die am leichtesten zersetzbaren Verbindungen sind und dass namentlich unorganische Ammoniaksalze sehr leicht durch Selbstzersetzung in organische übergehen [2]), so dass wir hoffen dürfen, auch hier bald die einfachen Erklärungen zu finden.

Das Wichtigste bei dem ganzen Vorgange scheint die Wasserzersetzung zu seyn, man weiss aber noch nicht, auf wessen Rechnung man dieselbe zu setzen habe. Fast alle Pflanzenzellen bedürfen zu ihrer Entwickelung des Einflusses des Lichts. Noch fehlt

1) *Liebig* in seiner Organischen Chemie S. 18 weist mit schlagenden Gründen (wie er meint) nach, dass die Pflanze die Kohlensäure zersetze, S. 60 hat er aber schon vergessen, was er gesagt, und weist ebenso sicher (wie mir scheint mit besseren Gründen) nach, dass die Pflanze die Kohlensäure nicht zersetze, sondern das Wasser. Solche Widersprüche (unwiderlegliche Beweise seiner Leichtfertigkeit im Arbeiten) finden sich unzählige.

2) Eine vortreffliche Zusammenstellung der hierher gehörigen Thatsachen findet sich in *Liebig* Organische Chemie S. 64.

es aber an Versuchen darüber, wie viel von der Einwirkung namentlich des Sonnenlichts auf Rechnung der einzelnen farbigen Strahlen, der Wärmestrahlen, der einleitenden oder der fortführenden chemisch wirkenden Strahlen zu setzen sey. Nur so viel wissen wir aus *de Saussure's* Versuchen gewiss, dass unter dem Einflusse des Sonnenlichtes vorzugsweise die Kohlensäure der Luft in den Zellen fixirt wird, also sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet, ein Process, der gar nicht oder in geringerem Grade beim völligem Ausschluss des Lichtes stattfindet. Dass hier das Licht durch Wasserstoffgas ersetzt werden kann, scheinen die interessanten Versuche *Humboldt's* [1]) zu beweisen. Auch bei der Einwirkung der katalytischen Substanzen fehlt es an genauer Kenntniss der einzelnen wirklichen Vorgänge, nur so viel bleibt uns als sicheres Resultat, dass wir hier allein mit chemisch-physikalischen Vorgängen zu thun haben, deren vollständige Entwickelung über kurz oder lang gelingen muss.

§. 42.

Bei der Bildung der assimilirten Substanzen werden viele Stoffe frei, die unter sich oder mit den gleichzeitig aufgenommenen nicht assimilirbaren Substanzen neue Verbindungen eingehen, entweder ihrer natürlichen Verwandtschaft folgend, oder durch katalytische Kraft und prädisponirende Verwandtschaft veranlasst. Alle auf diese Weise gebildeten Stoffe nenne ich Secrete (*Materia secreta*) der Zelle. Einige von diesen sind sehr allgemein, so dass sie jeder Zelle zukommen, z. B. freier Sauerstoff, oder wenigstens dann, wenn sie unter bestimmten Bedingungen vegetirt, z. B. der grüne Farbestoff; andere sind weniger verbreitet und ihre Bildung hängt noch von ganz besonderen Verhältnissen ab, z. B. Coniin, Solanin und dergleichen. Die chemischen Processe dabei sind uns noch grösstentheils verborgen. Zweierlei bleibt hier zu bemerken. Einmal, dass sich nicht selten Secrete bilden, die der Zelle schädlich wären, wenn dieselben nicht durch von Aussen aufgenommene unorganische oder gleichzeitig neugebildete orga-

1) *Florae fribergensis specimen p. 180 sqq.*

nische Stoffe neutralisirt würden, so z. B. Oxalsäure durch den von Aussen aufgenommenen Kalk, die meisten Alkaloide durch die zugleich erzeugten organischen Säuren. Zweitens bilden sich häufig Stoffe, z. B. Gerbestoff, Harz u. s. w., die grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und daher auch aus der Umgebung der Zelle eine bedeutende Menge Sauerstoff absorbiren.

Fehlt es schon bei den einfachen im vorigen Paragraphen besprochenen Verhältnissen an genauen Versuchen, unter genügend einfachen Verhältnissen, um alle Einzelheiten richtig würdigen zu können, so tritt der Mangel noch mehr bei den hier zu besprechenden verwickelteren Vorgängen uns entgegen. Doch hat man im Einzelnen Andeutungen genug, um auch hier einzusehen, dass Alles auf chemisch-physikalische Processe hinausläuft. Der Hauptgrund der Unsicherheit liegt besonders darin, dass es der Chemie noch nicht gelungen ist, grade bei den Stoffen, die hier am meisten in Frage kommen, bei den sogenannten indifferenten Stoffen, eine genügende Einsicht in ihre chemische Zusammensetzung zu erlangen. Bei vielen, z. B. Stärke, Zucker u. s. w. weiss man zwar, wie man sie aus den Elementen zusammengesetzt ansehen *kann*, z. B. aus 12 C und 10 Wasser, aber nicht wie sie wirklich zusammengesetzt *sind*, bei vielen weiss man auch das Erste noch nicht, z. B. beim Chlorophyll, welches doch offenbar eine so grosse Rolle spielt, bei keinem weiss man bis jetzt, wie er *wirklich* aus den Elementen *entsteht*. Das Letztere wenigstens für Einen der assimilirten Stoffe nachgewiesen könnte aber allein die erste Grundlage bilden, um durch Schlüsse und Analogien in diesem Felde weiter zu helfen.

Alle diejenigen Stoffe, die neben den assimilirten Stoffen in der Pflanzenzelle entstehen, nenne ich Secrete. Diese Eintheilung habe ich so eben (S. 246) gerechtfertigt. Ob nicht später noch manche Stoffe aus dieser Abtheilung in die der Assimilirten versetzt werden müssen, ist noch nicht zu entscheiden, thut aber der Richtigkeit der Eintheilung keinen Eintrag. Noch unsicherer bleibt fürs Erste die Gränze zwischen Secreten und Excreten, da noch nicht gewiss ist, ob die Milchsaftgefässe, die die meisten eigenthümlichen Stoffe enthalten, zu den ächten Zellen gehören oder nicht.

Man könnte die ganze Reihe von Secretionsstoffen, zu denen alle eigenthümlichen Pflanzenstoffe gehören, wieder nach ihrer grösseren oder geringeren Verbreitung in der Pflanzenwelt eintheilen. Es ist aber, da man wenig oder gar nichts von

ihrer Bedeutung für das Leben der Zelle weiss, fürs Erste noch ganz überflüssig, hier davon zu sprechen. Wir müssen das ganz der Chemie überlassen.

Ein paar Puncte müssen indess hier hervorgehoben werden. Die Zelle nimmt mit dem Wasser verschiedene Salzlösungen auf. Ein Theil derselben sind unorganische, ein Theil organische. Von den ersteren bleibt vielleicht ein Theil in der Zelle beim Verdunsten des Wassers zurück. Ein Theil sowie die andern alle werden auf mannigfache Weise durch die chemischen Processe im Innern der Zelle zersetzt. Daraus gehen neue Stoffe hervor, die wieder zersetzend auf einander und die schon vorhandenen einwirken können, und dadurch wird der ganze Vorgang noch mehr complicirt. Einen Theil der Salzbasen scheint aber auch die Pflanzenzelle bestimmt zu bedürfen, um durch Neutralisiren die für die nothwendigen Processe störenden Säuren fortzuschaffen. Bei den Cacteen lässt sich daraus das Vorhandenseyn der grossen Menge von oxalsaurem Kalk erklären, von denen die schädliche Oxalsäure offenbar in der Zelle gebildet, der Kalk aber als saurer kohlensaurer Kalk von Aussen aufgenommen ist und sich mit jener zu einem unlöslichen und somit unschädlichen Salze verbindet. *Liebig* [1]) hat eine geistreiche Andeutung gegeben, dass eine gewisse Quantität von Basen bei jeder Pflanze auf jedem Standorte constant zu seyn scheine. Vielleicht sind das solche, deren die Zelle nicht entbehren kann, um die chemischen Processe in ihr auszugleichen. Ein ähnliches Verhältniss mag, wie im Paragraphen angedeutet, auch zwischen einigen in der Zelle selbst gebildeten schädlichen Stoffen stattfinden, die sich zusammen zu einem unschädlichen Salz verbinden.

Sodann wird hier wichtig, dass sich durch die chemischen Processe in der Zelle auch eine Menge Stoffe bilden, die eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben. Diese werden, wenn ihnen in der Zelle selbst nicht genügender Sauerstoff dargeboten wird, denselben von Aussen aufnehmen, da nach *Dalton's* und *Graham's* Versuchen eine feuchte Membran dem Durchdringen von Gasarten kein Hinderniss in den Weg legt. Auf diese Weise entsteht eine ganz neue Aufnahme von fremden Stoffen in die Zelle, die von der eigentlichen Ernährung ganz unabhängig ist. Bis jetzt ist noch nicht zu entscheiden, ob auf diese Weise nicht auch noch andere Gasarten, z. B. Kohlensäure von dem Zelleninhalt aufgenommen werden. Gewiss ist, dass durch diese Oxydation die Stoffe in ein anderes Ver-

1) Organische Chemie S. 85 ff.

hältniss zu den schon vorhandenen gesetzt werden müssen und so abermals ein neues Spiel chemischer Thätigkeiten einleiten können.

III. *Von der Ausscheidung der Stoffe aus der Pflanzenzelle.*

§. 43.

Der Endosmose, wodurch Flüssigkeiten in die Zelle geführt werden, entspricht nothwendig eine Exosmose. Ein kleiner Theil des Zelleninhalts tritt heraus. Auch hier ist kein Wahlvermögen der Zelle anzunehmen, sondern Alles, was im Zelleninhalt gelöst ist, wird mit ausgeschieden und nur in der Weise tritt eine Modification ein, dass hier wie bei der Endosmose die verschiedene Anziehung der einzelnen Stoffe innerhalb und ausserhalb der Zelle zu einander sich geltend macht.

Hierüber ist bis jetzt nur bei Gelegenheit der Wurzelausscheidung die Rede gewesen. Erst müssen wir aber fragen, wie es bei der einzelnen Zelle steht, denn nur aus solchen besteht das Aeussere der Wurzel. Hier ist nun gleich klar, dass wo Endosmose ist, auch Exosmose stattfinden muss und das Leugnen der Ausscheidung von solchen, die (wie *Meyen* [1])) Endosmose als Grund der Aufnahme angeben, ganz unbegreiflich. So viel versteht sich aber von selbst, dass hier nicht die Rede davon seyn kann, dass die Pflanze die Eigenschaft hat, diejenigen Stoffe, die ihr nicht brauchbar sind, auf diesem Wege abzuführen [2]), wenn wir nicht eine physikalische oder chemische Ursache dafür anzugeben im Stande sind, warum grade diese Stoffe vorzugsweise ausgeschieden werden sollten. So gut wie der auf eine bestimmte Weise eingeleitete chemische Process, den wir Zellenleben nennen, nicht fortgeführt werden kann, wenn die Zelle nicht die dazu nöthigen Stoffe durch Endosmose erhält,

1) Physiologie Bd. 2, S. 27 ff. und 524 ff.

2) Herr *Liebig* schimpft in seiner Manier (Organ. Chemie S. 35. 53 ff.) auf die einfältigen Physiologen, die nicht über die Lebenskraft hinauszukommen wissen, S. 145 ff. schimpft er wieder auf sie, dass sie der Pflanze die Eigenschaft absprechen wollen, das ihr Schädliche und Unbrauchbare auszuscheiden; wäre denn das keine Lebenskraft?

ebenso gut hört dieser Process auch auf, wenn ihr die störenden Stoffe nicht durch Exosmose oder durch andere physikalische Vorgänge entzogen werden, aber keinen Sinn hat es zu sagen, ihr käme die Kraft zu, was ihr schädlich ist, auszuscheiden, schon deshalb, weil das ein Urtheil über schädlich und unschädlich voraussetzen würde, welches doch der Pflanze nicht beigelegt werden kann.

Die durch Exosmose ausgeschiedenen Stoffe können aber im Augenblick des Austritts schon wieder durch die ihnen entgegentretenden Einflüsse verändert werden, so dass wir vielleicht in vielen Fällen das eigentliche Product der Exosmose gar nicht kennen lernen. Hierfür spicht eine höchst merkwürdige Analogie. Der Keimungsprocess verwandelt vermöge des Klebers die Stärke in Gummi, dieses in Zucker und diesen abermals in andere Stoffe, dabei wird Kohlensäure entbunden und Essigsäure [1]) ausgeschieden, die sich aber in den Keimen nicht frei vorfindet. In der Gährung verwandelt der Kleber die Stärke in Gummi, Zucker und zerlegt diesen in Kohlensäure und Alkohol, welcher sich leicht (z. B. durch Platinmohr) mit condensirtem Sauerstoffgas in Essigsäure verwandelt. Gewiss ist hier die Analogie so schlagend, dass man versucht wird, die fehlenden Momente durch die Hypothese zu ersetzen, dass auch beim Keimen Alkohol gebildet, aber sogleich beim Austreten mit Sauerstoff zu Essigsäure verbunden ausgeschieden wird.

Zweierlei kommt hier noch in Betracht, was gewiss die Exosmose beträchtlich modificirt. Das Eine ist eine entschiedene Verwandtschaft zwischen Stoffen ausserhalb der Zelle und solchen, die immer frei vorhanden sind, dass sie dieser Anziehung folgen können, und zweitens die Anziehung, die gleichartige Stoffe zu einander zu haben scheinen. Aus einer Flüssigkeit, die zwei verschiedene Salze in concentrirter Lösung enthält, kann man durch Hineinlegung eines Krystalls der einen oder anderen Art das eine oder das andere Salz auskrystallisiren lassen. Ebenso scheint eine Zelle bestimmte Stoffe vorzugsweise dahin abzugeben, wo sich schon eine grössere Menge desselben Stoffes befindet. Wenigstens erklärt sich so am leichtesten, warum die einen Gummigang begränzenden Zellen grade nur Gummi in denselben hinein absondern.

Manches hierüber wird noch unten bei der Wurzel vorkommen.

1) Nach *Becquerel.*

§. 44.

Wenn in der Zelle freie Gasarten vorkommen und zwar mehr als die Flüssigkeit aufgelöst erhalten kann, so entweichen sie natürlich durch die Zellenwand, die ihrem Austritt kein Hinderniss in den Weg legt. Wenn die Flüssigkeit grade mit einer Gasart gesättigt ist, so kommt es auf die Natur der in der Umgebung der Zelle enthaltenen Gasart an, ob nach dem Dalton'schen Gesetz des Gleichgewichts der Gase ein theilweiser Austausch erfolgt oder nicht. Die auf diese Weise entbundenen Gasarten sind hauptsächlich Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserstoff.

Die am allgemeinsten vorkommenden Processe in der Zelle sind Wasserzersetzung mit Bindung des Wasserstoffs und Zersetzung der assimilirten Stoffe unter Bildung von Kohlensäure [1]), seltener wie bei den Pilzen Wasserzersetzung mit Freiwerden des Wasserstoffs [2]). Dazu kommt, dass mit dem Wasser von der Pflanzenzelle auch die in demselben gelösten Gasarten, namentlich Kohlensäure aufgenommen werden. So finden sich in derselben beständig freie Gasarten, die nicht immer gleich in andere chemische Verbindungen eintreten, also frei aus der Zelle entweichen müssen. Hier bieten sich uns nur die beiden im Paragraphen genannten Verhältnisse dar. Der Process wird zuweilen sehr einfach auftreten, z. B. bei der so einfach vegetirenden Confervenzelle, wo nur Kohlensäure aufgenommen und nur Sauerstoff in Folge der Wasserzersetzung ausgeschieden wird[3]). Hier kann die Dalton'sche Austauschung der Gase nicht wohl in Betracht kommen, weil genau für jedes Volumen Kohlensäure das äquivalente Volumen Sauerstoff ausgehaucht zu werden scheint. Man nennt dies gewöhnlich den Athmungsprocess der Pflanze mit eben der Verkehrtheit, womit man überhaupt die Prädicate des Thieres auf die Pflanze überträgt. Sehr viel complicirter wird natürlich der Vorgang, wo neben dem genannten einfachen Zersetzungsprocess, wie gewiss häufig ge-

1) Vergl. weiter unten bei der Lehre vom Keimen.

2) Vergl. *v. Humboldt, Flor. frig. spec. p. 179 sq.*

3) Grade hierbei wurde zuerst von *Priestley* im Jahr 1773 der ganze Process der Gasausscheidung und zugleich das Sauerstoffgas entdeckt. Vergl. *Priestley* Beobachtungen und Versuche über verschiedene Gattungen der Luft. A. d. Engl. Wien u. Leipzig, 1778—80. 3 Theile.

schieht, noch durch andere chemische Zersetzungen Gasarten frei werden und zugleich die in der Zelle enthaltenen Stoffe, z. B. Harze, Gasarten, z. B. Sauerstoff von Aussen aufnehmen, um sich damit zu verbinden.

IV. *Gestaltung der assimilirten Stoffe.*

§. 45.

Durch die assimilirten Stoffe wächst die Pflanzenmembran auf eine solche Weise, dass sie ebensowohl ausgedehnt wird, also einen grösseren Raum umschliesst, als auch in ihren Wänden verdickt wird.

Wahrscheinlich ist hier die Ursache des Wachsthums die Anziehung des Gleichartigen, wie bei dem Krystall, der in eine Flüssigkeit gelegt derselben die ihm gleichen Theile entzieht und dadurch wächst. Nur lagert sich hier der angezogene Stoff nicht schichtenweise auf die Fläche des schon Geformten ab, sondern durchdringt in halbflüssigem Zustande die fertige Membran, um sich in ihr gleichförmig zu vertheilen, mehr aber in der Richtung der Fläche als in der der Dicke sich mit dem schon fertigen Stoff verbindend. Deshalb findet man, dass, so lange die Zelle homogen fortwächst, dieselbe nie eine bedeutende Dicke erreicht. Wir haben gar keinen vernünftigen Grund anzunehmen, dass die isolirte Zelle schon durch Apposition wachse, vielmehr deutet Alles darauf hin, dass hier eine ächte Intussusception stattfinde. Eine geistreiche Erörterung hierüber hat *Schwann* [1]) gegeben. Dass zuweilen ein Theil der Membran stärker ernährt wird als der andere, ist schon oben (§. 24. u. 25.) erörtert.

§. 46.

Zu einer bestimmten Zeit hört aber die Zellenmembran ganz oder doch grösstentheils zu wachsen auf, und die assimilirten Stoffe, die von nun an in der Art gebildet werden, dass sie in eine feste Form übergehen müssen, lagern sich in einer eignen Schicht auf die innere Fläche der Membran ab und zwar in den schon oben

1) Mikroskopische Untersuchungen S. 229 ff.

(§. 26.) betrachteten Formen. Dieser Process wiederholt sich dann so oft, als noch Stoffe gebildet werden.

Bei der Krystallbildung finden wir, dass sich die den Krystall vergrössernden Schichten stets nur in einer bestimmten Dicke bilden, und wenn diese Dicke erreicht ist, die Bildung einer neuen Schicht beginnt. Ganz dasselbe finden wir in der Pflanzenzelle, nur mit dem Unterschiede, dass diese hohl ist und die Mutterlauge sich im Innern befindet, weshalb sich die neuen Schichten auch von Innen anlagern. Von der Ursache, die bei diesen neuen Schichten die spiralige Anordnung veranlasst, wissen wir noch nicht das Geringste. Nur so viel kann man bis jetzt sagen, dass sich in der runden, oder länglichen isolirten Zelle weder Schichtenbildung, noch auch eben deshalb spiralige Anordnung derselben zeigt. Die erste Andeutung davon finden wir in den *Spirogyra*-arten, aber hier ist der spiralig abgelagerte Stoff nicht Bildungsstoff für die Zelle, sondern Chlorophyll, welches in dieser eigenthümlichen Form auftritt. Dieses spiralige Chlorophyllband ist eine nach Aussen concave Rinne und nimmt in seine Höhlung einen wasserhellen Stoff auf, der vielleicht eine wirkliche Spirale ist. Doch muss ich gestehen, dass mir die Sache noch sehr unklar ist.

Leicht ist einzusehen, dass es ein sehr variables Verhältniss seyn muss, in welchem die neue Schicht zu der alten rücksichtlich ihrer Vereinigung steht. Das Wachsthum der primären Zellenmembran dauert oft noch einige Zeit fort, nachdem die zweite Schicht schon gebildet ist, und da muss sich natürlich diese neue Schicht von der alten trennen, wenn sie im Wachsthum nicht gleichen Schritt hält. Besteht die neue Schicht, was sehr häufig der Fall zu seyn scheint, aus einer andern Modification des assimilirten Stoffes, oder ist die erste Schicht sehr fest und unlöslich geworden, ehe sich die andere bildete, so wird ebenfalls eine weniger enge Verbindung beider stattfinden u. s. w. Nichtsdestoweniger bleibt die neue Schicht ihrem Wesen nach immer dasselbe, nur ihre Form wechselt in Folge dieser Verschiedenheiten, wie schon oben (§. 26.) weiter ausgeführt ist.

V. *Bewegung des Inhalts der Pflanzenzelle.*

§. 47.

Wir finden in der Pflanzenzelle eine doppelte Form der Bewegung ihres Inhalts, über deren Ursachen wir

noch gänzlich im Dunkel sind. In den meisten Pflanzen aus den Familien der Characeen, Najaden und Hydrocharideen und im Fruchtstiel der Jungermannien ist in jeder Zelle ein einfacher an der einen Seite aufsteigender, an der andern Seite absteigender Strom einer durch Farbe, Consistenz (Schleimigkeit) und Unlöslichkeit in wässerigen Flüssigkeiten von dem übrigen wasserhellen Zellensaft verschiedenen Flüssigkeit zu beobachten, die in einigen besonders dadurch sichtbar wird, dass er die im Safte enthaltenen Kügelchen (Stärkemehl, Chlorophyll, Schleim u. s. w.) mit fortführt, meistens aber auch für sich deutlich genug erkannt wird.

Am besten ist die Bewegung in den *Nitella*-arten, in den Wurzelhaaren von *Hydrocharis morsus ranae* und in *Vallisneria spiralis* zu beobachten. Alle drei haben ihre Eigenthümlichkeiten.

Bei *Nitella* ist der strömenden Flüssigkeit sehr viel, so dass nur ein schmaler Streif in der Zelle zwischen auf- und absteigendem Strom in relativer Ruhe bleibt. Der Strom ist stark und rasch und reisst bedeutend grosse Stärkekörnchen mit fort. Er ist nicht vollkommen der Axe der Zelle parallel, sondern schneidet sie in einem kleinen Winkel. Wo zwei Zellen zusammengränzen, haben die an der Scheidewand verlaufenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung, daher liegen in der ganzen Pflanze die aufsteigenden Ströme an einer Seite und zwar bilden sie wegen ihrer schrägen Richtung eine Spirale; ebenso die absteigenden. In der frühesten Jugend sind die Zellen völlig durchsichtig, später wird dies gestört dadurch, dass sich eine Menge mit Chlorophyll überzogene Körnchen an der Wand grade da, wo die Ströme sind, in engen parallelen Reihen anordnen und nur an beiden Seiten den kleinen Raum zwischen den Strömen freilassen. Unterbindet man vorsichtig die Zelle, so stellt sich in Kurzem der Strom in jedem unterbundenen Stücke wieder her. Schneidet man die Zelle durch, so fliesst die circulirende Flüssigkeit nur an einer Seite in dem der Oeffnung zugerichteten Strom aus, die andere Flüssigkeit vollendet erst ihren ganzen Lauf durch die Zelle, bis sie ebenfalls zum Ausfluss kommt. Was dem Leben der Pflanze schädlich ist, schadet auch der Saftbewegung, was jenes erhöht, befördert auch diese. Ganz gleich verhält sich die Sache bei *Chara*, nur ist hier die Beobachtung nicht so leicht. Bei keiner Pflanze, die sonst noch Circulation zeigt, findet sich

das Zusammentreten der Stromrichtungen zu einer aufsteigenden und einer absteigenden Spirale. Bei *Hydrocharis* ist wegen der völligen Durchsichtigkeit der von Natur isolirten Haarzellen der Wurzel die Beobachtung ausnehmend leicht. Bei *Vallisneria* muss man freilich immer erst das Blatt der Fläche nach spalten, um es zur bequemen Beobachtung durchsichtig genug zu machen, aber dies thut der Bewegung keinen Eintrag, denn in wenig Minuten zeigt sie wieder ihre vorige Lebendigkeit. Hier ist die circulirende schleimige Flüssigkeit sehr gering und bildet nur einen ganz dünnen Ueberzug an zwei gegenüberstehenden Wänden, hat aber Gewalt genug, die ziemlich grossen meist flach linsenförmigen mit Chlorophyll überzogenen Körnchen mit fortzuführen. Bei *Najas major* und *Caulinia fragilis*, im Fruchtstiel der Jungenmannien sind die Bewegungen ganz ähnlich. Am schwierigsten ist die Beobachtung bei *Stratiotes aloides*, und bei oft wiederholten Untersuchungen an allen *Potamogeton*-arten ist es mir nur zweimal gelungen, wirklich die Bewegung zu sehen; leider habe ich vergessen, die Arten zu bemerken.

Bei der allersorgfältigsten Untersuchung mit den besten Instrumenten ist es mir nicht gelungen, eine Spur von schwingenden Wimpern als Ursache der Bewegung aufzufinden, auch ist es sehr unwahrscheinlich, dass solche existiren. Wo dieselben bei Thieren aufgefunden sind, erscheinen sie als Fortsätze der Zelle nach Aussen, nirgends zeigt sich eine Spur derselben im Innern der Zellen. Diese ganze Art der Circulation scheint überhaupt ein durchaus der vegetabilischen Zelle eigenthümliches Phänomen zu seyn und mit ihrer ausgebildeten Individualität zusammenzuhängen. Alle genannten Pflanzen, bei denen die Circulation mit Sicherheit beobachtet ist, sind in Wasser lebende oder doch sehr die Feuchtigkeit liebende Pflanzen aus sehr niedrig stehenden Familien, deren Zellen eine grosse Selbstständigkeit zeigen, so dass einzelne abgeschnittene Stückchen der Pflanze (z. B. von den Blättern von *Vallisneria*) oft noch Monate lang lebendig bleiben. Die angeblichen ähnlichen Circulationen bei höheren Landpflanzen muss ich vorläufig dahingestellt seyn lassen, da es mir nie gelang, auch nur eine einzige hierher gehörige Beobachtung zu machen.

Geschichtliches und Kritisches. Im Jahr 1772 entdeckte *Bonaventura Corti* die Circulation des Saftes in einigen Charen und in *Caulinia fragilis* (*mia pianta*, wie er sie beständig nennt) und dehnte diese Beobachtungen auch auf viele Land- und Wasserpflanzen aus, deren Bestimmung jetzt grösstentheils unmöglich ist. *Fontana* bestätigte diese Entdeckungen und klärte zugleich einige Irrthümer auf, in die *Corti* anfäng-

17

lich verfallen war. Beide Männer hatten so genau beobachtet und so vielfach experimentirt, dass die Folgezeit nichts Wesentliches hat hinzufügen können. Ihre Entdeckungen wurden aber in der Zeit der sammelsüchtigen Linné'schen Schule so ganz vergessen, dass *C. L. Treviranus* erst 1807 die Bewegung des Saftes in den Charen, *Amici* 1819 in *Caulinia* aufs Neue entdeckte, wozu später *Meyen* die andern genannten Pflanzen hinzufügte, nachdem *Horkel* die Corti'schen Schriften wieder aufgefunden und auf ihren Inhalt aufmerksam gemacht hatte.

Den angeblichen Corti'schen Beobachtungen über Landpflanzen ist, wie gesagt, nicht nachzukommen. *Meyen* [1]) sprach früher viel davon, dass er sie alle bestätigt, ohne sich eben sehr aufs Detail einzulassen, wobei ich nämlich bemerke, dass er die im folgenden Paragraphen beschriebene Bewegung damals, als er seine Phytotomie schrieb, noch nicht kannte. In seinem neuesten Werk [2]) übergeht er sie wunderbarer Weise mit einem, wie es scheint, klugen Stillschweigen. In seiner Preisschrift giebt *Meyen* an, dass er die Bewegung auch an *Pistia Stratiotes* beobachtet hat. Vielfach hat *Meyen* und Andere die hier beschriebene Circulation mit der folgenden verwechselt.

Corti's schon von *Fontana* widerlegte Ansicht, dass eine Scheidewand in der Zelle den auf- und absteigenden Strom schiede, ist später oft wiederholt, aber leicht als falsch zu erkennen. Die von *Amici*, *Dutrochet* und Andern vorgetragene Phantasie von einer galvanischen Bewirkung der Bewegung, wobei die Reihen der Chlorophyllkügelchen in den Charen die Kette darstellen sollten, ist eine unwissenschaftliche Spielerei mit hinkenden Vergleichungen. Sie widerlegt sich einfach dadurch, dass an der keimenden Chara die Circulation [3]) früher vorhanden ist, als die Kügelchen und ihre Anordnung.

1) *Meyen* Phytotomie S. 182. Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie. Harlemer Preisschrift 1836, S. 165 und an andern Orten.

2) Physiologie Bd. 2, S. 206 ff.

3) „Das gedachte Phänomen wurde von *Corti* mit dem Namen einer Circulation belegt, wogegen sich so Vieles einwenden lässt, dass *Meyen* der Erscheinung eine andere Benennung gab und sie als eine eigenthümlich kreisende Zellensaftbewegung beschrieb". (Lateinisch doch nicht anders als *circulatio*, Kreisbewegung zu übersetzen). „Später hat *Schultz* den Ausdruck Rotationsströmung gebraucht u. s. w.". *Meyen*, Harlemer Preisschrift S. 161. In solchen elenden Wortklaubereien suchen die Leute Wissenschaft!

§. 48.

In fast allen ihrer Lagerung oder Ausbildung nach sehr selbstständigen Zellen zeigt sich ein eigenthümliches System kleiner vielfach verästelter anastomosirender Strömchen einer schleimigen mit kleinen dunkeln Körnchen gemischten Flüssigkeit, welche von dem immer gleichzeitig vorhandenen Cytoblasten ausgehen und zu ihm zurückkehren, die innere Fläche der Zellenwand bedecken, oder quer durch die Höhlung von einer Wand zur andern laufen, ohne sich mit der übrigen meist wasserhellen Zellenflüssigkeit zu vermischen.

Bis jetzt fand ich diese eigenthümliche Form der Circulation bei vielen Kryptogamen, z. B. *Achlya prolifera*, *Spirogyra princeps* und andern Hyphomyceten und Conferven, bei fast allen Haargebilden der Phanerogamen, die ich bis jetzt untersucht habe, z. B. *Solanum tuberosum*, bei vielen Sporen, z. B. *Equisetum arvense*, und Pollenkörnern, z. B. *Oenothera grandiflora* im jüngeren Zustande, bei fast allen jüngeren Endospermzellen, z. B. *Nuphar luteum*, besonders solchen, die später wieder resorbirt werden, z. B. *Ceratophyllum demersum*, in fast allen Stigmapapillen, z. B. bei *Tulipa Gesneriana*, in den lockeren Zellen saftiger Früchte im jüngeren Zustande, z. B. bei *Prunus domestica*, in der aus den Samensträngen enstandenen *Pulpa*, z. B. bei *Mamillaria*, seltener in dem lockeren, saftigen Parenchym mancher Pflanzen im jüngeren Zustande, z. B. *Tradescantia rosea*. Ich vermuthe sie aber in allen Pflanzenzellen, so lange der Cytoblast noch lebensthätig ist. Im Ganzen habe ich bis jetzt über dreihundert Beispiele aus den verschiedensten Familien beisammen.

Als leicht zu controlirendes Beispiel wähle ich hier die in jedem Treibhause zu bekommenden Früchte der *Mamillaria stellata* oder einer ähnlichen Art. Jede Zelle ist hier ganz isolirt, mit einem farblosen, gelblichen bis rosenrothen klaren Saft erfüllt. An einer Stelle der Wand klebt ein scharf umschriebener nicht granulöser, mit einem scharf gezeichneten Kernkörperchen versehener Cytoblast. Ausserdem kleben an der Wand hin und wieder zerstreut, um den Rand des Cytoblasten bisweilen in einen Kreis gestellt, Chlorophyllkörner. Der Cytoblast ist stets mit einem kleinen Hof der gelblichen, schleimigen, dicht mit kleinen dunklen Körnchen erfüllten Flüssigkeit umgeben, von ihm aus gehen Strömchen von verschiedener

17 *

Breite und verschiedener Tiefe; am Rande, also von der Seite betrachtet, sieht man sie oft in deutlichen kleinen Wellen fortrücken; in einigen Strömchen ist die Richtung vom Cytoblasten abwärts, in andern zu ihm hin. In ihrem Verlaufe verästeln sich die Strömchen vielfach und anastomosiren unter einander; hier nur selten laufen einzelne Strömchen quer durch das Lumen der Zelle, um sich auf der andern Seite mit einem andern Strome zu verbinden. Manche Strömchen sind so fein, dass sie unter den stärksten Vergrösserungen wie eine Linie ohne alle Breite, nur durch die einzelnen Körnchen etwas knotig erscheinen. Zuweilen bricht ein Strömchen plötzlich ab, indem das vordere Stück abläuft, dann bildet sich am Ende des noch vorhandenen Stückes ein kleines Tröpfchen der Flüssigkeit, aus dem nach einiger Zeit der Strom in der alten oder einer neuen Richtung sich fortsetzt oder auch zwei oder mehrere Strömchen in neuer Richtung hervorgehen. Hiervon zeigen alle übrigen Zellen nur unwesentliche Abweichungen, von denen die interessanteste noch die bei *Ceratophyllum*[1]) ist. Momente, welche beim zukünftigen Versuch einer Erklärung der in beiden Paragraphen beschriebenen Bewegungen zu berücksichtigen seyn werden und vielleicht zu einer Erklärung leiten können, sind: die Endosmose und Exosmose, die nothwendig eine Bewegung des Zelleninhalts irgendwie bedingen müssen; dann die beständig umbildend wirkende Natur des Cytoblasten, ferner die eigenthümliche Natur der circulirenden Flüssigkeit, ihre Unmischbarkeit mit dem wässerigen Zellensaft und ihre grössere Adhäsion an die Zellenwände, sowie ihre grössere Cohäsion in sich. Bis jetzt sind wir freilich noch nicht im Stande, aus diesen Elementen etwas Brauchbares zu construiren.

Geschichtliches und Kritisches. Entdeckt wurde diese Form der Saftbewegung 1831 von *Rob. Brown* an den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica*[2]). *Slack*, *Meyen* und ich vermehrten insbesondere die Zahl der Beispiele. *Meyen* meint, in den Zellen der Haare von *Tradescantia virginica* sey ausser jenen Saftströmen nur Luft enthalten, was aber durchaus falsch ist; dass er *Rob. Brown* eine ähnliche Behauptung unterschiebt[3]), geht nur aus einer falschen Uebersetzung des Englischen hervor, *Rob. Brown* spricht nur von der den Haaren adhärirenden Luft. *Slack*[4]) meinte, dass in den Haarzel-

1) Siehe meine Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen in der *Linnaea* Bd. 11 (1837) S. 527 ff.
2) *On the sexual Org. etc.* in *Orchid. and Asclep. p. 712.*
3) Physiologie Bd. 2, S. 244 ff.
4) *Transactions of the society of arts etc. Vol. 49 (1833).*

len bei *Tradescantia virginica* noch ein Schlauch enthalten sey und dass die Strömchen zwischen seiner Wand und der der Zelle sich befänden. Genaue Untersuchung zeigt leicht die Falschheit dieser blossen Fiction. Nur höchst oberflächliche Beobachtung oder höchst mangelhafte Mikroskope können es erklären, wenn *Schultz* [1]) diese Strömchen auf die Aussenwand der Zelle in ein eignes Gefässsystem (seine *Vasa laticis contracta*) versetzt. Eine einzige aufmerksame Beobachtung widerlegt ihn hinlänglich, sowie auch die angeführten Phänomene sogleich die Unmöglichkeit eines solchen Gefässsystems beweisen. *Meyen* schreibt die Bewegung nicht der Flüssigkeit, sondern den von derselben fortgerissenen Körnchen als Selbstthätigkeit zu. Mir scheint das eine ganz grundlose Fiction zu seyn, die bei *Meyen* [2]) daraus hervorgegangen ist, dass er in einigen Fällen die Flüssigkeit übersah. Für eine solche allen Analogien widersprechende Ansicht müssten wenigstens erst andere Gründe beigebracht werden, als *Meyen's* blosse Privatmeinung.

Den ganzen Streit über die Existenz dieser wie der vorigen Bewegung übergehe ich als gänzlich antiquirt; wer heutigen Tages noch daran zweifelt, ist zu allen physiologischen Beobachtungen völlig unfähig.

§. 49.

Wenn in einer Pflanzenzelle eine Menge sehr kleiner Körperchen, gleichviel ob organischer oder unorganischer Natur, z. B. kleine Stärkemehlkörnchen, kleine Krystalle u. s. w., in einer nicht zu dichten Flüssigkeit vorkommen, so zeigen diese gewöhnlich eine zitternde Bewegung (Molecularbewegung genannt), deren Ursache uns noch unbekannt, aber auf jeden Fall keine mit dem Leben der Zelle nothwendig und ausschliesslich verbundene ist.

Man hatte zwar schon früher einige hierher gehörige Beobachtungen gemacht, aber entweder gar nicht beachtet, oder doch nicht verfolgt. Erst *Rob. Brown* [3]) im Jahr 1827 fasste

1) Flora 1834, S. 120 und seine pariser Preisschrift, die ich noch nicht gesehen.

2) Physiologie Bd. 2, S. 229 und sonst an vielen Stellen.

3) Vermischte Schriften herausg. von *Nees v. Esenbeck*. Bd. 4, S. 143 ff.

diese Erscheinung im Zusammenhang auf und vollendete auch sogleich die Untersuchung so vollständig, dass fast nichts hinzuzufügen blieb und Meyen'sche Befangenheit in vorgefassten Ansichten dazu gehörte, um hier noch von einem vitalen Phänomen zu sprechen [1]).

Alle hinlänglich kleinen Körper, gleichviel ob organisch oder unorganisch, zeigen in einer nicht zu dicken Flüssigkeit suspendirt eine eigenthümliche oscillirende Bewegung ohne bedeutende Ortsveränderung. Bei fast allen Pflanzen findet man Beispiele davon in den Schleimkörnchen, Stärkemehlkörnern, Krystallen u. s. w., gleichviel ob sie noch in der Zelle eingeschlossen sind oder schon frei gemacht, wenn nur die Flüssigkeit sie suspendirt erhalten kann, so dass sie nicht zu Boden sinken. Eine solche Flüssigkeit ist vorzugsweise der Milchsaft und der Inhalt der Pollenkörner, deshalb beobachtet man hier auch am öftersten und leichtesten diese Bewegungen. Zufällig wurden diese Bewegungen grade in den letzten Theilen zuerst bekannt, weil man dieselben öfter und genauer untersuchte, als gewöhnliche Zellen, und sogleich war auch die Phantasie geschäftig, daraus allerlei wunderliche Systeme aufzubauen. Diese Bewegungen sind besonders Schuld, dass wir von speculativen Köpfen mit vegetabilischen Saamenthierchen beschenkt sind. Zu hoffen ist aber, dass wir bald wieder davon erlöst werden, wenn so treue und nüchterne Beobachter wie *Fritsche* [2]) für die Pflanzen und *Kölliker* [3]) für die Thiere den Saamenthieren so gründlich den Krieg erklären. Dass die angeblichen Formenveränderungen der kleinen länglichen, halbmondförmigen Stärkekörnchen bei den Onagrarien auf Täuschung beruhen, ist bei aufmerksamer und vorurtheilfreier Beobachtung leicht zu erkennen. Von einer vitalen Erscheinung kann schon deshalb nicht die Rede seyn, weil die Bewegungen auch in weingeistiger Iodtinctur (ein absolutes Gift für alles Pflanzen- und Thierleben) ungestört fortdauern, wovon man sich leicht überzeugen kann und was von *Fritsche* (a. a. O.) mit bekannter Gründlichkeit für eine grosse Anzahl Pflanzen ausgeführt ist. Nur der, welcher in Vorurtheilen befangen überall nach Wunderdingen hascht und besonders, wenn nicht warnend und leitend eine gesunde Naturphilosophie zur Seite steht, kann in dem ganz natürlichen Vorkommen dieses ganz allgemeinen physika-

1) Vermischte Schriften herausg. von *Nees v. Esenbeck*, Bd. 4, S. 367.

2) Ueber den Pollen. St. Petersburg, 1837. Aus den *Mém. de l'acad. Imp. des sc. de St. Petersb.* besonders abgedruckt S. 24 ff.

3) Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Saamenflüssigkeit wirbelloser Thiere u. s. w. Berlin, 1841, S. 49 ff.

lischen Phänomens in dem Inhalte der Pollenzelle etwas Besonderes finden und durch Phantasien die Leere ausfüllen, die ihm von der Natur gelassen scheint.

Ueber den Grund dieser Erscheinung wissen wir durchaus gar nichts; man hat vorläufig kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen zur Erklärung vorgeschlagen. Besser ists zu warten und seine Thätigkeit auf etwas Anderes zu werfen, als mit ganz unzeitigen und haltungslosen Hypothesen sich und Andern die Zeit zu verderben.

VI. *Bewegungen der Pflanzenzellen.*

§. 50.

Bei den Sporenzellen einiger niedrigen im Wasser wachsenden Pflanzen zeigt sich eine Zeitlang, nachdem sie die Mutterzelle verlassen, zuweilen schon einige Zeit vor ihrem Austritt eine der Molecularbewegung ähnliche Ortsveränderung, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Bewegungen bedeutender sind. Der Grund derselben ist noch völlig unerforscht.

Wohl nirgends ist aus Mangel an gesunder Naturphilosophie mehr phantasirt worden, als bei dem gedachten Phänomen. Und die Sache wurde noch verwickelter dadurch, dass in früheren Zeiten eine Menge von angeblichen Thatsachen durch unvollkommene Beobachtung gradezu gemacht wurden, die wirklich nicht existiren. *Meyen* [1]), dem wir eine sehr fleissige Zusammenstellung aller hierauf bezüglicher Thatsachen verdanken, sagt in der Einleitung, er sähe sich genöthigt, die Thatsachen mit Kritik auszusuchen, geht aber nachher so kritiklos wie möglich zu Werke. Zwei Ursachen machen die älteren Beobachtungen von *Ingenhousz*, *Agardh*, *Wrangel*, *Wilke*, *Girod Chautraus* und Andern völlig unbrauchbar, einmal dass sich die genannten Beobachter nicht genügend der Identität der ruhenden und sich bewegenden Körperchen versicherten, und zweitens, dass sie nach dem damaligen Stande der Wissenschaft und der Natur ihrer Instrumente gar nicht fähig waren, wirkliche Infusorien von den kleinen Sporen der Conferven u. s. w.

1) *Rob. Brown*, Vermischte Schriften. Herausg. von *N. v. Esenbeck*, Bd. 4, S. 327 ff.

zu unterscheiden. Man könnte auch noch das hinzufügen, dass bei den Conferven gar Vieles als Sporen angesehen ist, was nur Zelleninhalt war, z. B. Stärke, Chlorophyllkörner u. s. w. und was daher sehr natürlich unter Umständen die Molecularbewegung zeigte.

Als sichere und brauchbare Thatsachen bleiben nur wenige Beobachtungen stehen, wo beobachtet wurde, dass die Sporenzellen austraten und sich bewegten, dann aber zur Ruhe übergingen und keimten. Letzteres muss insbesondere für die älteren Beobachtungen nothwendig hinzugefordert werden, weil wir auch Erfahrungen über das wirkliche Vorkommen von ächten Infusorien im Innern der Confervenzellen besitzen. Bei einer solchen ernsten Kritik, die uns allein vor Träumereien sicherstellen kann, bleiben mir von den bei *Meyen* (a. a. O.) und später in seiner Physiologie und den Jahresberichten aufgeführten Thatsachen nur sehr wenige stehen, die sich alle auf Sporenzellen beziehen, theils bei Conferven, theils bei Fadenpilzen. Mir ist nur erst bei einer einzigen Pflanze gelungen, eine hierher gehörige Beobachtung zu machen, nämlich an *Achlya prolifera*. Diese Beobachtung genügt aber auch vollkommen, um die Thatsache selbst ausser Zweifel zu stellen. *Achlya prolifera* hat zwei Arten von Sporen, grössere, die sich in kleinerer Anzahl in kugelförmigen Sporangien bilden, und kleinere, die sich in grösserer Anzahl in den unveränderten fadenförmigen Endgliedern entwickeln. Von den Endgliedern trennt sich zur Zeit der Sporenreife ein kleiner Deckel; schon kurz vorher gerathen die Sporen in eine wimmelnde Bewegung, wobei eine wirkliche oft bedeutende Ortsveränderung stattfindet. Diese Bewegung dauert nach dem Austritt eine Zeitlang fort und hört endlich auf, worauf die Sporen oft schon nach wenigen Stunden keimen. Wenn ein solches Endglied geleert ist, wächst gewöhnlich ein neues solches Glied von der nächsten Scheidewand ausgehend in jenes hinein, oftmals das stehenbleibende ältere nicht ganz ausfüllend. Auch in diesem neuen Gliede bilden sich wieder Sporen, die dann bei ihrem Austritt zwei Oeffnungen zu passiren haben und zuweilen lange zwischen beiden Zellenwänden herumschwanken, bis sie zur zweiten Oeffnung herauskommen. Es ereignet sich aber auch, dass sie diesen zweiten Ausweg gar nicht erreichen und innerhalb des älteren Schlauches wenigstens den Anfang zur Keimung machen. Für die Erklärung dieser höchst auffallenden Erscheinung bietet sich nur eine sichere Analogie an, nämlich die Bewegungen, die kleine Stücken des Blattes von *Schinus molle* [1]) (oder kleine

1) Nach *Savi* in *Wiegmann's* Archiv 1840, Bd. 2. S. 117.

Kampherstückchen) machen, wenn sie aufs Wasser geworfen werden. Hier ist das Austreten eines ätherischen Oels der Grund der Bewegung und wahrscheinlich wird ein ähnliches Austreten einer ähnlichen Substanz aus den Sporen von dem Eindringen des Wassers durch den sich lösenden Deckel des Sporangium veranlasst. Doch ist hier noch viel mehr zu beobachten, ehe wir zum Abschluss gedeihen können. Vielleicht gehört auch diese Bewegung der Molecularbewegung an.

Die niedern Conferven, Fadenpilze u. s. w. sind von jeher der Tummelplatz mystischer Träumereien gewesen, weil nirgends in der Botanik die Untersuchungen so schwierig zu machen, so schwer zu controliren sind. Hier ist vor allem nöthig, durch eine ächte Naturphilosophie, durch brauchbare leitende Maximen sich gegen alle unwissenschaftlichen Phantasiespiele zu schützen. Namentlich muss man hier, wenn man nicht die ganze Sicherheit der wissenschaftlichen Forschung preisgeben will, alle Beobachtungen scharf von der Hand weisen, die nicht an unzweifelhaften Pflanzen gemacht sind. Ich habe deshalb hier wie überall die Diatomeen, Bacillarien u. s. w., kurz alle jene Gebilde, deren thierische Natur, wie ich überdies glaube, mit überwiegenden Gründen von *Ehrenberg* vertheidigt wird, ganz aus dem Spiel gelassen. Wer sich dafür interessirt, findet in den Meisterwerken *Ehrenberg's*, besonders in seinem grossen Infusorienwerke eine ebenso grosse Masse mit ausserordentlichem Fleisse zusammengetragenen historischen Materials, als eine Fülle seiner ausgezeichneten eignen Beobachtungen. Zu einer Grundlage, um botanische Gesetze abzuleiten, dürfen diese Dinge nicht angewendet werden, wie schon oben (S. 33 fg.) ausgeführt.

Nur an phantastischem Mysticismus krankende Wissenschaft, nicht aber eine klare, sich selbst verstehende Naturphilosophie kann zu solchen Träumereien kommen, dass Geschöpfe bald einmal Thier, bald einmal Pflanze seyn können. Wäre das möglich, so müsste doch noch viel leichter ein Wesen bald einmal Fisch, bald einmal Vogel, oder bald Conferve, bald Rose seyn können, und dann wäre alle unsere Naturwissenschaft Thorheit und wir thäten besser, Kartoffeln zu bauen und sie zu verzehren, wären aber auch da nicht sicher, dass sie nicht einmal zu Mäusen würden und davonliefen. Wenn wir endlich bei Erzählung der hierher gehörigen Thatsachen die Ausdrücke finden, „die Zellen bewegten sich nach Willkür bald da, bald dorthin“ u. s. w., so beweist das nur, wie unklar und verwirrt noch so viele Menschen selbst von grossen Kenntnissen sind. Willkür finden wir nur in unserm Geiste durch Selbstbeobachtung. Bei Thieren leitet uns die Analogie durch die

einen bestimmten Zweck erreichenden Handlungen, und doch ist hier schon eine Art Mysticismus dabei, denn nichts sagt uns, dass der Zweck auch wirklich von dem Thiere selbst beabsichtigt war. Es wird doch kein vernünftiger Mensch glauben, dass die Planeten absichtlich grade diesen Weg und grade so schnell und so langsam gehen, damit sie kein Unglück anrichten, und doch wird durch ihre Bewegung bestimmt ein Zweck, nämlich die Erhaltung des Sonnensystems erreicht. Bei solchen Bewegungen aber, wo nicht einmal ein irgend erkennbarer Zweck erreicht wird, von Willkür reden ist Spielerei mit Worten und logische Confusion.

VII. *Fortpflanzung der Zelle.*

§. 51.

Wenn sich in einer Zelle eine grosse Menge auflöslicher assimilirter Substanz nebst der nöthigen Menge Schleims gebildet hat, so wird nothwendig der oben (§. 23.) geschilderte Process aufs neue beginnen. Es bilden sich in der Zelle (Mutterzelle, *matrix*) eine oder mehrere neue Zellen (Brutzellen, *blastidia*), die, wenn sie sich so weit ausgedehnt haben, die Mutterzelle zerstören. Da natürlich eine Form von dem Stoff, aus dem sie gebildet wird, und den Bedingungen ihrer Bildung abhängt, beides aber von der Mutterzelle gegeben wird, so werden folglich in der Regel die Brutzellen der Mutterzelle gleich oder ähnlich.

Wenn irgendwo, so kann man gewiss hier behaupten, dass es von wesentlichem Einfluss sey, bei Behandlung einer Wissenschaft jeden einzelnen Punct an seinen gehörigen Ort und in sein gehöriges Licht zu setzen, wenn nicht das Verständniss des Ganzen darunter leiden soll. Weil man sich niemals rein und scharf die Aufgabe der Wissenschaft gestellt und sich daraus die zu beantwortenden Fragen abgeleitet hat, so ist der im Paragraphen erwähnte Punct auch bis auf die allerneueste Zeit ganz unberührt geblieben und auch jetzt erst mit einigen beiläufigen Notizen abgespeist worden, und doch giebt es im ganzen Pflanzenleben nichts Wichtigeres. Mit wenigen Ausnahmen besteht jede Pflanze aus vielen Zellen, der Anfang jeder Pflanze ist aber eine einzelne Zelle, bei den Krypto-

gamen die Spore, bei den Phanerogamen das Embryobläschen. Die Frage nach der Vermehrung der Zelle umfasst also die Entstehung und das Leben der ganzen Pflanze und sie bleibt uns ganz und gar dunkel, ehe dies Verhältniss nicht aufgeklärt ist. Wie eine Zelle viele bildet und wie dieselben von den Einflüssen der ersten abhängig sich formen und anordnen, ist grade die Angel, um die sich die ganze Erkenntniss der Pflanze dreht, und wer sich die Frage nicht aufwirft oder nicht beantwortet, kann nie und nimmer einen klaren wissenschaftlichen Begriff mit der Pflanze und ihrem Leben verbinden. Bei der gänzlichen Vernachlässigung dieses Punctes ist es kein Wunder, dass sich die meisten Ansichten der Botanik nur in einem trüben, gestaltlosen Mysticismus herumtreiben.

Die Protococcuszelle giebt hier wieder den natürlichsten Massstab zur Beurtheilung der einfachsten Verhältnisse an die Hand. Hier können wir beobachten, dass sich in der Zelle zwei neue Zellen bilden, die eine Zeitlang lose in der Mutterzelle liegen und diese endlich zerstören, und dann als neue Organismen frei erscheinen. Bei den Doppelsporen der Flechten bemerken wir dasselbe. Bei den Pezizen sehen wir in einer Zelle acht neue entstehen. Bei den Farren und Equiseten bilden sich in Mutterzellen die Sporenzellen. Bei den Phanerogamen ist es leicht, die Entstehung von Zellen in Zellen zu beobachten, beim Embryosack (einer grossen Zelle), beim Embryobläschen, wo man die Entstehung neuer Zellen in den zuerst gebildeten ebenfalls verfolgen kann, bei dem Pollen der meisten Pflanzen leidet es keinen Zweifel, dass sich Zellen frei in andern Zellen bilden, in der Spitze der Knospe im Cambium gelingt es nicht selten, die neu gebildeten Zellen in der Mutterzelle zu sehen, fast alle Haargebilde gestatten die Beobachtung dieses Vorgangs gar gut. Hier sind Beispiele fast aus allen Pflanzengruppen, fast aus allen Pflanzentheilen, und so ist, wie ich glaube, vorläufig durch die Induction der Satz begründet: „Der Process der Fortpflanzung der Zelle durch Bildung neuer Zellen in ihrem Innern ist allgemeines Gesetz für die Pflanzenwelt und ist die Grundlage für die Entstehung des Zellgewebes“. Ueber die Weise, wie neue Zellen entstehen, ist schon oben das Nöthige gesagt (§. 23.).

Von dem Stoff, aus welchem der entstehende Krystall gebildet wird, von den physikalischen Bedingungen, unter welchen er ersteht, hängt seine Gestalt ab. Dies dürfen wir wohl allgemein so aussprechen: die Form ist bedingt durch die Art der Materie und die Form des Bildungsprocesses. Wenden wir dies auf die Zelle an, so wird Stoff und Form des anfänglichen

Bildungsprocesses von der Mutterzelle gegeben, sie hat also einen wesentlichen Einfluss auf die Brutzelle. Die Bildung der letzteren vollendet sich aber nicht in der Mutterzelle, sondern dauert auch nach der Befreiung von der Mutterzelle noch fort und daher wird die Form der Brutzellen durch die späteren Einflüsse und Verhältnisse mannigfach modificirt. Hieraus erklärt sich uns einmal die Constanz der specifischen Form und dann die Mannigfaltigkeit der individuellen Verschiedenheiten. Hier bedürfen wir also nur noch der vollständigen Auflösung des Zellenbildungsprocesses in seine einzelnen Elemente und des bei den Krystallen zu gebenden Nachweises, wie sich aus bestimmtem Stoff unter bestimmten physikalischen Bedingungen auch grade diese bestimmte Form bilden müsse, um das grosse Geheimniss der organischen Zeugung, wovon die Constanz der Species und somit die Gesetzmässigkeit des ganzen organischen Lebens an der Erde abhängt, in seinem einfachsten Falle der wissenschaftlichen Einsicht unterworfen zu haben, offenbar ein dem Menschen möglicherweise erreichbares Ziel.

Die ersten Grundlagen dieser Lehre gab ich in *Müller's* Archiv, Jahrgang 1838. *Mirbel* [1]) unterscheidet eine dreifache Entstehungsweise der Pflanzenzellen, die er *intrautriculaire* (der von mir geschilderte Process), *supratriculaire* und *interutriculaire* nennt. Nur die erste Art ist durch wirkliche Beobachtung dargethan, die beiden letztern, wo die Entstehung der Zelle selbst nicht beobachtet wurde, nur erschlossen.

§. 52.

Nach *Hugo Mohl* [2]) kommt bei den Zellen der Kryptogamen (Conferven) noch eine Vermehrungsart der Zellen vor, indem sich eine Kreisfalte der Zelle allmälig in sie hineinzieht und in der Mitte zusammenstossend sich abschnürt, so dass völlige Theilung einer Zelle in zwei neue stattfindet.

Diese Untersuchungen von *Mohl* enthalten die ersten und (ausser den von mir gegebenen §. 51.) einzigen wirklichen Beobachtungen über die Vermehrung der Pflanzenzelle. Leider ist es mir nie geglückt, eine vollstäudige Entwickelungsreihe zusammenzubringen, obwohl *Polysperma glomerata*, an der

1) *Sur la Marchantia polymorpha. Paris, 1831 et 32, p. 32.*

2) Ueber Vermehrung der Pflanzenzelle durch Theilung. Tüb., 1835.

Mohl hauptsächlich seine Untersuchung gemacht hat, oft von mir vorgenommen ist. Es ist aber bis jetzt durchaus kein Grund vorhanden, die völlige Richtigkeit der Mohl'schen Untersuchungen in Zweifel zu ziehen.

Nach *Mohl* hat besonders *Meyen* diesen Process der Selbsttheilung vielfach wiederzufinden geglaubt und fast als allgemeines Gesetz für die Pflanze behandelt. In den meisten Fällen ist die Sache bei ihm nur postulirt, nicht beobachtet. In dem Falle, wo er bestimmte Beobachtungen angiebt [1]), bei der Entstehung der vier Pollenzellen in der Matrix, ist die Sache entschieden anders. Es bilden sich hier in der Mutterzelle die vier Pollenzellen, dann bildet sich eine gelatinöse von der primären Wand der Mutterzelle ebenfalls deutlich verschiedene Verdickungsschicht, die später auch zwischen die Pollenzellen hineinwächst und so die Mutterzelle in vier Fächer theilt. Die eigenthümliche Membran der Pollenzellen ist aber immer früher vorhanden, als diese Scheidewände sich bilden.

Ob die Theilung der Zelle überhaupt bei höheren Pflanzen vorkommt, ist noch auszumachen. Gewiss ist der im vorigen Paragraphen berührte Fall der häufigere. Doch kommen hin und wieder im regelmässigen Parenchym, z. B. bei manchen Cacteen, Zellen vor, die hinsichtlich ihrer Umrisse und Verbindung mit den benachbarten Zellen nur eine einzige Zelle zu repräsentiren scheinen, aber durch eine Scheidewand deutlich in zwei Zellen getheilt sind, dies könnte als Andeutung einer solchen Theilung angesehen werden. Doch zeigt sich häufig auch an jeder Seite dieser Wand ein Cytoblast, was wieder eine andere Entstehung wahrscheinlicher macht.

VIII. *Vom Ende des Zellenlebens.*

§. 53.

Sobald in einer Zelle das Spiel chemischer Wechselwirkungen unmöglich geworden ist, muss man sie für sich todt nennen. Insofern sind alle Zellen als individuell abgestorben zu betrachten, die ihren Inhalt völlig verzehrt haben und nur noch Luft führen, die sogenannten Gefäss-, Mark- und Borkenzellen, oder die ihren Inhalt in einen einzelnen homogenen Stoff umgeändert ha-

1) Physiologie Bd. 3, S. 123 ff.

ben, wie z. B. die Zellen, welche nur ätherisches Oel, nur Harz u. s. w. enthalten. Letztere sind aber verhältnissmässig selten.

Abermals ein Punct, der gänzlich vernachlässigt, oder doch nur oberflächlich und beiläufig in den Handbüchern berührt wird, aus denen wir meist nicht einmal über den Tod der ganzen Pflanze etwas erfahren. Setzen wir das Leben der Zelle ganz oder doch zum grössten Theil in die chemisch-physikalischen Processe, welche in der Zelle vor sich gehen, so müssen wir auch die Zelle todt nennen, in welcher diese Processe ganz und für immer aufgehört haben. Das ist also namentlich in allen nur Luft führenden Zellen der Fall, welche für sich todt, nur durch die sie umgebenden lebendigen Zellen noch gegen Auflösung geschützt werden, aber augenblicklich der völligen Zerstörung anheimfallen, sowie sie den auflösenden Atmosphärilien blossgestellt werden, z. B. Mark und Kernholz in den hohlwerdenden Bäumen, Kork und Borke überall. Aber es giebt auch solche Zellen, die allmälig ihren ganzen Inhalt in einen einzigen Secretionsstoff umwandeln, z. B. in ätherisches Oel, wie es in den Rhizomen der Scitamineen, in Blättern und Stämmen der Aloen u. s. w. vorkommt. Hier ist die Zelle von dem Augenblick an ebenfalls todt zu nennen. Was noch überbleibt, ist ein chemischer Process, der durch die Zelle weder bedingt, noch modificirt ist, nämlich die allmälige Oxydation des ätherischen Oels, mit deren Vollendung jede fernere Veränderung aufhört. So zeigt sich die abgeschlossene Individualität des Zellenlebens bis ins Innerste der vollkommensten Pflanzen hinein.

§. 54.

Nur der ganz ausgebildete Membranenstoff trotzt allen gewöhnlichen Auflösungsmitteln, alle übrigen Stoffe, aus denen Zellenwände bestehen können, sind noch innerhalb des Bereichs der auflösenden oder umwandelnden chemischen Kräfte, welche in den Zellen thätig sind. Alle nicht vollständig ausgebildeten Zellen können daher wieder verflüssigt und aufgesogen werden. Dies geschieht bei allen Mutterzellen, bei dem schwammförmigen Zellgewebe, welches anfänglich die Luftcanäle ausfüllt, beim Kern des Eichens u. s. w.

Gewiss ein Beweis von oberflächlicher Beobachtung ist es, wenn ein Botaniker, wie geschehen, die Resorption organischer Bildungen in den Pflanzen leugnet, die sich schwerlich bei den Thieren so gut beobachten lässt, wie bei den Pflanzen. Die ganze grosse Zahl von Mutterzellen giebt schon das unwiderleglichste Zeugniss. Auf welche Weis aber der Process vor sich geht, ist noch unbekannt. Wahrscheinlich tritt hier eine der Bildung des Membranenstoffs entgegengesetzte Umwandlung der assimilirten Stoffe ein, so dass jener erst in Gallerte, diese in Gummi und endlich in Zucker umgeändert und als solcher aufgesogen wird. Ich will hier darauf aufmerksam machen, dass es mir zuweilen schien, als wenn im Nucleus des Ovulum die Cytoblasten wieder schärfer und in jugendlicherem Aussehen hervortreten, wenn sich seine Zellen dem Zeitpuncte der Auflösung näherten. Eine eigenthümliche Umwandlung schon gebildeter Zellen in eine formlose Substanz, das Viscin, ist schon oben berührt (§. 20, 5).

§. 55.

Das Leben der Pflanzenzelle besteht nur durch die in derselben vor sich gehenden chemisch-physikalischen Processe, und diese werden sogleich unmöglich, sobald auf irgend eine Weise die Endosmose aufgehoben wird. Die Zelle wird dann allmälig durch die Einwirkung der Atmosphärilien zerstört, sie verwest bei der seltneren, verfault bei der beständigen Mitwirkung von Wasser. Die Ursache dieses Todes kann verschieden seyn, z. B. Zerreissung (bei den Sporangien der Kryptogamen durch Austreten der Sporen), gänzliche Trockenheit, Entfernung von der Stelle, woher ausschliesslich die Endosmose unterhalten wurde (z. B. beim Blattfall).

Der Process der Auflösung einer gestorbenen Zelle gehört nicht der Botanik an, wir überlassen seine Erforschung billig der Chemie und verweisen auf die neuesten und besten Arbeiten in dieser Beziehung auf *Berzelius* [1]) und *Liebig* [2]). Uns interessiren hier aber die Ursachen, welche die Pflanzenzelle den zersetzenden Einwirkungen preisgeben, und wir können hier

1) Lehrbuch der Chemie, neueste Ausgabe, Bd. 8.
2) Organische Chemie, S. 199 ff.

allgemein die Unmöglichkeit der Endosmose nennen. Jede Pflanzenzelle, die keine Flüssigkeit mehr aufnehmen kann, um die chemischen Processe in sich zu unterhalten, fällt nothwendig dem Tode anheim. So wirkt völlige Austrocknung, so Zerreissung der Zelle, wodurch die Abgeschlossenheit der in ihr vorhandenen Stoffe und Processe aufgehoben wird. Einen eigenthümlichen Zustand zeigen hier die meisten in Form von Blättern von einer Pflanze sich trennenden Zellen. Zur Zeit der Trennung sind sie offenbar noch nicht todt, denn unter sehr günstigen, obwohl höchst selten sich zusammentreffenden Umständen kann in einer oder der andern Zelle ein frischer Vegetationsprocess selbst in der Weise beginnen, dass eine ganz neue Pflanze daraus hervorgeht. In der Regel sterben sie aber ab, weil ihnen die Möglichkeit genommen ist, fernerhin Flüssigkeiten, die ihnen früher durch den Zusammenhang mit der ganzen Pflanze zugeführt wurden, aufzunehmen.

Zweiter Abschnitt.

Leben der Zelle in Zusammenhang mit andern.

§. 56.

Sobald die Zellen zu Geweben zusammentreten, so zeigen sich auch bestimmte Modificationen in ihrem Lebensprocess und diese sind besonders zu betrachten. Manches musste freilich schon im Früheren berührt werden, weil wir noch nicht so weit sind, ganz scharf das individuelle Zellenleben fassen zu können, und so bei manchen Vorgängen nicht wissen, wie viel oder wie wenig auf die Einwirkung der benachbarten Zellen kommt, Manches auch, was entschieden der Zusammenwirkung mehrerer Zellen angehört, doch zur Erklärung bei der einzelnen Zelle zu Hülfe genommen werden muss. Was hier noch zu behandeln, sind einmal die allgemein im Zellenleben durch ihr Zusammentreten hervorgerufenen Modificationen, und dann die speciellen Eigenthümlichkeiten bestimmter Gewebe.

I. *Allgemeine Modificationen des Zellenlebens durch Zusammentreten mehrerer Zellen.*

§. 57.

Sobald eine grössere Menge von Zellen sich zu Zellgewebe vereinigt, wird wenigstens ein Theil von ihnen von der unmittelbaren Berührung mit der ernährenden Flüssigkeit abgeschlossen, für sie findet also nur eine Aufnahme von Nahrung durch Endosmose aus den benachbarten Zellen statt, wo aber die Flüssigkeit immer schon verändert worden ist.

Wenn alle Zellen eines Gewebes eine gleichmässig dichte Flüssigkeit enthalten, so wird bei den mit Wasser unmittelbar in Berührung tretenden Endosmose stattfinden, dadurch wird die in ihnen enthaltene Flüssigkeit verdünnt und es tritt zwischen ihr und der folgenden Zelle ein der Endosmose günstiges Verhältniss der Flüssigkeiten ein und so fort. Dies ist das wichtigste Verhältniss im ganzen Zellenleben, weil daraus die einzige allgemeine, die Ernährung der ganzen Pflanze bedingende Flüssigkeitsbewegung hervorgeht. Die Nahrungsflüssigkeit im Körper der Pflanze vertheilende Gefässe giebt es gar nicht, und nur der wird mit einer gewissen Angst darnach suchen und sie auch irgendwo finden, der in dem grundfalschen und verderblichen Vorurtheil der unglückseligen, angeblichen Analogie (vergl. S. 46) mit den Thieren befangen an die Untersuchung der Pflanze geht. Hier hat sich allen Botanikern der gesunde Blick so sehr verwirrt, dass sie eher jede mögliche physikalische und logische Verkehrtheit vorgebracht, als sich von jener fixen Idee getrennt hätten. — Jede lebende Zelle, die durch Endosmose Flüssigkeit enthält, ändert diese aber sogleich chemisch um und zwar in assimilirte Stoffe, so dass die von der Quelle der rohen Nahrungsflüssigkeit entfernten Zellen gar keine rohe Nahrungsflüssigkeit mehr erhalten, also ganz von assimilirten Stoffen leben. In ihnen kann also auch kein Assimilationsprocess, insoweit derselbe auf Wasserzersetzung und Fixirung der Kohlensäure beruht, stattfinden, dennoch führen sie ein reges Le-

1) Vergl. *Knight* in *Treviranus* Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen, 1811, S. 162 ff. *Sennebier*, *Physiolog. végét.* Bd. 2. Cap. 4 (S. 333 ff.) und Andere.

ben, werden ernährt, bilden neue Zellen u. s. w., wie z. B. namentlich im Holzkörper der Dikotyledonen. Hieraus ergiebt sich zur Genüge die völlige Nichtigkeit des von *Liebig* [1]) aufgestellten völlig unbegründeten Gesetzes.

§. 58.

Durch die Anordnung einer grösseren Zellenmenge zu einer Pflanze wird häufig ein Theil der Zellen theilweise mit der atmosphärischen Luft in Berührung gebracht. Daraus gehen zwei wichtige Verhältnisse hervor, einmal dass das Wasser aus den Zellen, wenn sie nicht auf besondere Weise dagegen geschützt sind (vergl. unten §. 69.), beständig im Verhältniss zur Wärme, Trockenheit und Bewegung der Luft an der Oberfläche der Zellen verdunstet, wodurch der Saft im Innern beständig vermindert und concentrirt, also die Endosmose gegen die übrigen Zellen verstärkt und unterhalten wird, zweitens dass die Flüssigkeit in den Zellen aus der Luft Gase, namentlich Kohlensäure und Ammoniak und unter Umständen Sauerstoff absorbirt.

Die erwähnten Verhältnisse sind ebenfalls im höchsten Grade wichtig für das Leben der ganzen Pflanze. Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die beiden Hauptnahrungsstoffe der Zelle, sie nehmen sie aber auf verschiedene Weise auf. Die mit Flüssigkeit in Berührung stehenden Zellen nehmen alle drei Substanzen zugleich auf. Hier muss also der lebhafteste Assimilationsprocess stattfinden. Die theilweise mit der Luft in Berührung stehenden Zellen erhalten von der einen Seite nur assimilirte Stoffe in Wasser aufgelöst. Sie müssen also Kohlensäure und Ammoniak aus der Luft aufnehmen. Zugleich geben sie an die Luft eine grössere oder geringere Menge Wassers ab, dadurch concentriren sie ihre Säfte, dadurch wird die Endosmose unterhalten. Wir können daraus erklären, weshalb nach Ausbrechen der Blätter die Pflanzen aufhören, von so sehr wässerigem Safte zu strotzen, und doch den Assimilationsprocess in grösserer Energie fortführen. Die Endosmose überträgt ferner jede völlige Lösung ohne Unterschied. Die mit dem Wasser aufgenommenen Salze und unorganischen Be-

1) Vergl. oben S. 244. 3).

standtheile überhaupt, auf welche die chemisch umwandelnden Kräfte der Zelle wenig oder gar nicht einwirken, wandern daher mit dem Wasser unverändert durch alle Zellen bis dahin, wo an der Oberfläche der Zellen das Wasser verdunstet. Hier müssen sie sich allmälig in grösserer Menge anhäufen, daher der grössere Aschengehalt der Blätter, grünen Rinde u. s. w. Wie jedes verdunstende Wasser reisst auch das von der Zelle verdunstende eine geringe Menge nicht flüchtiger Substanzen mit fort, weshalb das von der Pflanze perspirirte Wasser nie ganz rein [1]), aber mehr mit organischen als mit unorganischen (weniger flüchtigen) Substanzen geschwängert ist.

§. 59.

Durch die Vereinigung vieler Zellen und die daraus hervorgehende gegenseitige Einwirkung werden im Leben der einzelnen Zelle Modificationen hervorgerufen, die zum Theil schon früher betrachtet sind. Hierher gehört die Bildung neuer discreter Schichten und die damit zusammenhängende spiralige Anordnung des diese Schichten bildenden Stoffes. Dahin gehört ferner die eigenthümliche Ausbildung von Luftbläschen zwischen je zwei benachbarten Zellen, worauf die Bildung der Poren zu beruhen scheint.

Das hierher Gehörige ist schon oben (§. 26.) erörtert worden. Bei keiner isolirten Zelle, bei keiner Zelle, ehe sie sich mit andern zu Geweben fest vereinigt, finden wir spiralige Verdickungsschichten, bei keiner ferner die Luftbläschen an der Aussenwand, welchen inwendig die Porencanäle entsprechen. Nach den genauesten Untersuchungen muss ich behaupten, dass die Porencanäle von zwei benachbarten Zellen stets so correspondiren, dass sie von einem solchen Luftbläschen, oder einer dem entsprechenden Stelle der gemeinschaftlichen Wand beginnen. Hiervon sind mir nur zwei Ausnahmen bekannt, die aber noch genauer Untersuchung bedürfen. Der eine Fall tritt bei *Juniperus sabina* ein, wo in der Borke dickwandige, vierseitig-prismatische Zellen vorkommen, deren Porencanäle regelmässig nur auf die vier Intercellulargänge zulaufen, welche hier in einem Gewebe, welches sonst keine Intercellulargänge zeigt, jene Luftbläschen zu vertreten scheinen. Der andere Fall in

1) Schon *Sennebier*, *Phys. végét.* Bd. 1, S. 79 ff. und viele Andere.

den Blättern von *Abies pectinata* ist schon oben erwähnt worden (S. 234.).

§. 60.

Bei der Secretion treten ebenfalls eigenthümliche Veränderungen ein, indem festere Secrete bestimmte Formen annehmen. Dahin gehören die Gallerthülle vieler Algen, die Intercellularsubstanz, der eigenthümliche Stoff, welcher die Sporen und Pollenkörner überzieht, und die von der Epidermis ausgeschiedenen Stoffe.

Die meisten Conferven, mehrere Ulven u. s. w. sondern eine grosse Menge Gallerte ab, welche eine bestimmte Form annimmt und so oft die Gestalt der ganzen Pflanze bestimmt, z. B. bei *Chaetophora*. Bei den meisten Conferven bildet sie eine die ganze Pflanze überziehende zarte, gleichförmige Membran, bei *Rivularia*, *Chaetophora*, *Nostoc etc.* grössere Massen. Stets aber fehlt sie der Spore und bildet sich erst durch die Lebensthätigkeit der sich vermehrenden Zellen [1]).

Auf ähnliche Weise scheidet sich in die Intercellulargänge eine feste Substanz ab, wovon unten (§. 65.). Auch auf der Epidermis findet eine solche bestimmt geformte Absonderung statt (§. 69.).

Das interessanteste und complicirteste Phänomen bleibt aber die eigenthümliche Bekleidung der Sporen und Pollenkörner. Alle Sporen (mit Ausnahme der Algen, Pilze und einiger Flechten), alle Pollenkörner (mit Ausnahme der unter Wasser blühenden Pflanzen) bestehen aus der eigentlichen, wesentlichen Zelle, die sich als solche bildet, und einem eigenthümlichen, dieselbe überziehenden Stoffe, der einfach-gleichförmig, mit Wärzchen, Stacheln, Bändern, oder ganz wunderlichen abnormen Bildungen unordentlich oder ganz mit mathematischer Regelmässigkeit besetzt ist. Die Natur dieses Stoffes weicht von allen bekannten assimilirten Pflanzenstoffen dadurch ab, dass er von der concentrirtesten Schwefelsäure nicht angegriffen, sondern höchstens dunkler, zuweilen purpurroth gefärbt wird. Der Stoff selbst zeigt verschiedene Farben, meist gelb, doch auch blau, roth,

1) Dies Verhältniss ist von *Mohl*, Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen, 1836, nicht ganz richtig aufgefasst. Uebrigens hat er, wie gewöhnlich, einen Reichthum ausgezeichneter Beobachtungen.

grün, braun u. s. w. Ueber die Entwickelung dieses Stoffes wissen wir noch gar nichts, eigentlich selbst nicht einmal, ob er von der Pollenzelle abgesondert oder aus dem Inhalte der Mutterzelle auf jene niedergeschlagen wird. Ich habe ihn daher auch hier nur beiläufig erwähnen wollen. Etwas mehr davon muss ich unten beim Pollen anführen. Das Beste, was wir davon wissen hinsichtlich seiner chemischen Natur, besonders aber hinsichtlich seiner wunderbaren Formen verdanken wir den unermüdlichen und bewundernswerthen Untersuchungen von *Fritsche* [1]. Die Ansichten von *Mohl* [2] über diesen Punct, dass die äussere Pollenhaut Intercellularsubstanz sey, in welcher sich vollständige Zellen oder deren Anfänge (als Körnchen) bildeten, erscheinen mir durch *Fritsche's*, *Meyen's* [3] und meine eignen Untersuchungen vollständig widerlegt. Schon die eigenthümliche chemische Natur des Stoffes widersetzt sich hier jeder Gleichstellung mit Zellenbildung und den derselben zum Grunde liegenden Substanzen.

§. 61.

Von dem Zusammentreten der Zellen hängt offenbar auch das eigenthümliche Verhältniss ab, in welchem die Richtungen der Saftströme in zwei benachbarten Zellen zu einander stehen, indem ohne Ausnahme dem Strome in der einen Zelle ein entgegengesetzter Strom in der andern entspricht.

Die Thatsache selbst ist unzweifelhaft und leicht bei *Chara*, *Vallisneria etc.* zu beobachten, der Grund völlig unbekannt. Es deutet aber doch auf eine ziemlich entschiedene Weise darauf hin, dass die Bedingungen der Saftbewegung ganz oder theilweise ausserhalb der Zelle liegen und die Endosmose wahrscheinlich einen grossen Antheil daran hat. Wir finden auch bei allseitig an einander gelagerten Zellen, wie in *Najas*, *Vallisneria*, niemals, dass die Ströme die ganze Wand bedeckten, sondern nur zwei gegenüberstehende Seiten derselben, die durch alle Zellen in parallelen Flächen liegen, woraus sich die allgemeine Möglichkeit der Entgegensetzung benachbarter Ströme durch die ganze Pflanze erklärt. Die zweite Art der Saftbe-

1) *Fritsche*, Ueber den Pollen. Petersburg, 1837.

2) *Hugo Mohl*, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, Heft I. und Erläuterung und Vertheidigung u. s. w. S. 18 und sonst.

3) Physiologie Bd. 3. S. 146 ff.

wegung in ein Netz kleiner Strömchen hängt sehr gewiss mit grösserer Selbstständigkeit und Unabhängigkeit der einzelnen Zelle zusammen und findet sich auch nur höchst selten im geschlossenen Zellgewebe.

§. 62.

Die einzelne Zelle kann ihrem individuellen Lebensprocess nach schon todt seyn, wird aber im Zusammenhang mit andern lebenden Zellen erhalten und dient vielleicht auch dem Leben dieser und somit der ganzen Pflanze noch längere Zeit. So erscheinen die sogenannten Gefässe beim Aufsteigen des Frühlingssaftes als Behälter zur (rein passiven) Aufnahme des übermässig zuströmenden und nicht gleich zu verarbeitenden Saftes, in der übrigen Zeit als Behälter für ausgesonderte Luft, so die Zellen, welche einzelne Secretionsstoffe enthalten u. s. w.

Es ist ein eigenthümliches Verhältniss, welches nur aus der hohen Individualisirung der Zelle und ihrem Zusammentreten zu einer Pflanze ohne völlige Vernichtung ihrer Individualität hervorgeht, dass sie in einen Zustand kommt, wo sie relativ (in Bezug auf sich) todt, relativ (in Bezug zur ganzen Pflanze) lebendig genannt werden muss. Auch dies Verhältniss zeigt, wie nichtssagend und unanwendbar alle Analogien zwischen Thier und Pflanzen sind, zwei Geschöpfe, deren innerste Natur so durch und durch verschieden ist, dass fast jede Vergleichung, die über die Bildung des Elementarorgans hinausgeht, blosse Spielerei des Witzes ohne allen wissenschaftlichen Werth bleibt.

II. *Eigenthümlichkeiten im Leben ganzer Gewebe.*

§. 63.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Lebensprocess aller einzelnen Zellen in den Geweben sich gleich oder doch sehr ähnlich ist; so bilden häufig grössere Massen des Parenchyms gleiche Stoffe, die Bastbündel, die Milchgefässe u. s. w. einer Pflanze ent-

halten dieselben Substanzen. Doch kommen auch grosse Ausnahmen vor und es tritt im Parenchym in nahgelegenen Zellen gleicher Form sehr verschiedener Inhalt auf, oder es zeigt sich bei den Gefässbündeln und sonst das verschiedene Leben der einzelnen Zelle in der verschiedenen und verschieden schnellen Ausbildung der Zelle selbst.

Nur sehr durchschnittlich kann man den Satz aufstellen, dass die Zellen ganzer Gewebe gleiche Functionen haben, und es finden sich darin so grosse Ausnahmen, dass es wenigstens ganz unhaltbar erscheint, nach angeblicher Verschiedenheit der Functionen die Gewebe eintheilen zu wollen, wofür nur die Morphologie der Zelle ein genügendes Princip giebt. In demselben Parenchym finden wir eine Zelle gedrängt voll Stärkemehl neben einer gleichen, die nur ätherisches Oel enthält, und beide gränzen vielleicht an eine dritte, die einen klaren wässerigen, roth oder blau gefärbten Stoff enthält, während eine vierte neben verschiedenen assimilirten Stoffen eine grosse Menge Chlorophyll zeigt. Mitten im dünnwandigen Parenchym finden wir zerstreut oder in Gruppen gleich grosse und gleich geformte Zellen, die fast zum Verschwinden ihres Lumen mit Verdickungsschichten erfüllt sind, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in Quitten und Birnen, in Rinde und Mark von *Hoja carnosa*, vieler Bäume, in den Luftwurzeln der Maxillarien und an hundert anderen Orten. Alles dies zeigt eine grosse Selbstständigkeit der einzelnen Zelle und die Möglichkeit, dass jede Zelle an jedem Ort unter Umständen alle Phasen ihres Lebens durchlaufen und sich auf jede ihr überhaupt mögliche Weise entwickeln könne. Nur mässig modificirt wird das Zellenleben durch die Form der Anordnung und die daraus hervorgehende Abhängigkeit von den benachbarten Zellen. Abgesehen von dieser Selbstständigkeit zeigen die Gewebe im Ganzen gewisse Erscheinungen, die einzeln gewürdigt werden müssen.

§. 64.

Das Parenchym hat die selbstständigsten Zellen, daher findet man in demselben am häufigsten und am wenigsten regelmässig angeordnete Zellen von dem verschiedensten Inhalt und der verschiedensten Configuration der Wände neben einander. Ueberwiegend zeigt sich

in grösseren Massen des Parenchyms Stärkemehl (Kartoffeln), oder fettes Oel (Kotyledonen der *Brassica*-arten), oder Gummi (Altheenwurzeln), oder Emulsion (Oel und Pflanzeneiweiss, in den Kotyledonen der Mandeln), oder assimilirte Stoffe und Chlorophyll (in allen grünen Blättern), oder Farbestoffe gleicher Art (in Blumenblättern) oder Luft (im Mark) u. s. w.

§. 65.

Die verschiedenen Bildungen des Intercellularsystems enthalten sehr verschiedene Stoffe. Das Eigenthümliche ist hier, dass alle dieselben begränzenden Zellen, wie ich glaube, ohne Ausnahme gleiche Lebensthätigkeit zeigen, entweder gar nicht auf den Inhalt der Intercellularräume einwirken, oder ganz gleiche Stoffe in sie hinein aussondern. Hierher gehören alle die verschiedenen Behälter eigner Säfte, Harz- und Gummigänge sowie Milchsaftbehälter, ferner die feste oft in bestimmter von den benachbarten Zellen abhängiger Form auftretende Intercellularsubstanz (*Substantia intercellularis*).

Ueber den Process, der die Behälter eigner Säfte mit dem in ihnen enthaltenen Stoffe anfüllt, über die Bereitung dieses Stoffes von den benachbarten Zellen, über die Kraft, wodurch diese Stoffe in die Behälter hinein abgesondert werden, wissen wir noch nichts. Ganz diesen an die Seite zu stellen und nur verschieden durch die Art des Excrets sind die mit fester Substanz erfüllten Intercellulargänge. Sie finden sich in doppelter Form. Im Holze der Dikotyledonen und an einigen anderen Orten sind die engen Intercellulargänge oft von einer wenigstens scheinbar homogenen Substanz erfüllt, deren Farbe und Brechungskraft etwas anders als die der Zellenwandung ist. Dagegen zeigen sich zwischen den Bastbündeln in der Rinde der Chenopodeen, Amaranthaceen, Umbelliferen, Malvaceen u. s. w. weitere Intercellulargänge, die von den benachbarten Zellen aus nur theilweise durch eine eigenthümliche Absonderung ausgefüllt sind, und zwar entspricht jeder angränzenden Bastzelle eine bestimmte von den andern ganz getrennte Partie, die wie eine stumpf drei- oder vierkantige Leiste auf ihrer ganzen Länge dem den Intercellulargang begränzenden Theil ihrer Wand auf-

gesetzt ist. Einen offenbaren Uebergang von der Intercellularsubstanz zu den Gummigängen macht die halbflüssige Gallerte, welche sich in den Intercellularräumen des Albumens der Cassien und anderer Leguminosen, zwischen den Zellen der Flechten, besonders der Schlauchschicht, vor Allem aber in den Intercellularräumen der Fucoideen findet, bei welchen letztern sie dem Gummi und Bassorin ganz nahe steht. Ueberall fehlt es hier zwar noch an der vollständigen Entwickelungsgeschichte. Man beobachtet aber leicht, dass die Zellen früher da sind, als diese Stoffe, und dass sie sich bei Ausbildung des Zellgewebes vermehren und nicht vermindern, also Excrete der Zellen seyn müssen. *Mohl's* [1]) Ansicht von der Intercellularsubstanz als Reste des Urstoffs, in dem sich die Zellen gebildet haben, halte ich entschieden für unrichtig und durch die Entdeckung der in Portionen getheilten Intercellularsubstanz durch *Meyen* [2]) für hinlänglich widerlegt.

§. 66.

Die Gefässbündelzellen zeigen fast insgesammt einen sehr übereinstimmenden Lebensprocess und unterscheiden sich hauptsächlich nur nach der vom Alter abhängigen Configuration der Wände und nach ihrem Alter überhaupt. Die Gefässe führen, sobald sie vollständig entwickelt sind, Luft und nehmen nur passiv zuweilen für kurze Zeit Säfte auf. Die andern langgestreckten Zellen des Prosenchyms zeigen, so lange es lebendig ist, einen raschen Stoffwechsel im Innern, enthalten daher meist eine homogene wasserhelle Flüssigkeit. Später sterben sie ab und führen dann nur Luft.

Dass die Gefässe nur Luft führen und keine Säfte, kann der, welcher einige physikalische Kenntnisse hat, bei dem flüchtigsten Blick auf einen der Länge nach durchschnittenen Pflanzentheil sehen. Dass darüber Streit entstehen konnte, beweist nur die ungeheure Befangenheit in Vorurtheilen und angeblichen Analogien bei den meisten Beobachtern. Es ist nicht der Mühe werth, noch Worte darum zu verlieren. Schon oben (S. 226) wurde bemerkt, dass die Gefässbündelzellen wahrscheinlich ihre langgestreckte Form selbst einem raschen Durch-

1) Erläuterung und Vertheidigung u. s. w.
2) Physiologie Bd. 1, S. 170 ff.

strömen des Saftes in einer bestimmten Richtung verdanken, wodurch ihre Enden stärker ernährt werden als ihre Seiten. Bei diesem raschen Wechsel erklärt sichs, dass der chemische Process in ihnen sehr einfach ist, wir finden in ihnen wohl selten eigenthümliche Stoffe gebildet, so lange sie noch lebendig sind. Selbst festere assimilirte Stoffe, wie Stärkemehl, treten nur selten und in geringer Menge in ihnen auf. Wenn sie aber anfangen abzusterben (wenn sie Kernholz bilden), hören sie meist ganz auf Saft zu führen, und es beginnt, da sie nie vollkommen gegen den Zutritt der Luft und einiger Feuchtigkeit geschützt sind, ein chemischer Zersetzungsprocess (Verwesung), durch welchen sie nach und nach theilweise und unter Beibehaltung ihrer Form in kohlenstoffreichere Substanzen übergeführt werden. Die eigenthümlichen Producte des Holzes, Gerbestoff, Extractivstoff, Farbestoffe, verdanken grösstentheils diesem Process ihre Entstehung, seltener den das Holz durchsetzenden von Parenchymzellen begränzten Saftgängen, wie beim Harzgehalt der Coniferen. Hier ist aber noch ein grosses Feld für weitere Forschungen.

§. 67.

Ueber das eigenthümliche Leben der Bastzellen, der gewöhnlichen wie der Apocyneen, und der Milchsaftgefässe wissen wir so gut wie gar nichts. Hier ist noch Alles zu erforschen.

Ich fürchte über diese Gebilde, insbesondere über die Milchsaftgefässe eher zu viel als zu wenig zu sagen, denn bei der gänzlichen Vernachlässigung richtiger naturwissenschaftlicher Methode, bei dem kindischen Spiel mit Hypothesen ohne Grundlage und ohne leitende Maximen ist diese Lehre mit einem solchen Wust von Unsinn überfüllt, dass man am besten thäte, vorläufig erst einmal alles Bisherige über Bord zu werfen und ganz von Vorn anzufangen, statt sich an das undankbare Geschäft zu machen, den wahren Augiasstall auszumisten. Von unsern ersten Botanikern finden wir Sätze wie: „Die Gefässe des Stammes, die diesem System angehören, sind die Ausdrücke der beiden Brennpuncte aus der idealen Ellipse des rein peripherischen Circulationssystems. Die eine Abside führt zum Licht . . . die andere Abside führt jener diagonal entgegengesetzt in die Finsterniss . . .“ Dergleichen sind so durchaus sinnlose Worte, dass man kaum weiss, was man dazu sagen soll. Wer aber einmal den Zügel gesunder Methodik

zerrissen, der geht haltungslos auf das Allerunsinnigste los, ohne dass er sich der Verkehrtheit auch nur in dunkler Ahnung bewusst wird. Fast jede Seite, die über die Milchsaftgefässe geschrieben ist, giebt Zeugniss von oberflächlichen Beobachtungen, ungezügelten Phantasiespielen, physikalischer Unwissenheit u. s. w. Die ganze Vorstellung von einem allenthalben durch die ganze Pflanze communicirenden Gefässsystem (Eine vielfach durch die Pflanze verästelte, aber in sich geschlossene Zelle, *Meyen*) ist rein aus der Luft gegriffen (wie sollten die paar kleinen Schnittchen, die man von einer Pflanze abgerissen beobachtet, auch dergleichen begründen können?), aber die Verfasser haben sich so in den Gedanken verliebt, dass sie es ganz ruhig als Beobachtung vortragen. Nur in zwei oder drei unverletzten Pflanzen ist bis jetzt eine Bewegung des Milchsafts beobachtet, und noch dazu fast nur bei dem so leicht zu Täuschungen verführenden directen Sonnenlichte; daraus wird keck eine allgemeine Circulation abgeleitet, der man sogar ganz genau ihre Richtung durch die ganze Pflanze vorschreibt. Das Ausfliessen des Saftes aus zerschnittenen Theilen sieht man als entschiedenen Beweis für die Bewegung im unverletzten Theil an. Bewegt sich etwa der Wein im Fasse auch, weil er ausläuft, wenn man den Hahn aufdreht, also das bisherige Gleichgewicht aufhebt? „Nur die Lebenskraft treibt den Saft heraus, sonst müsste ihn Haarröhrchenkraft zurückhalten". Wissen die Leute auch, was Haarröhrchenkraft ist? Dazu gehören feste Wände, aber nicht dünne Membranen in einem turgescirenden Gewebe. Wissen sie, wie Capillarität wirkt? In bestimmtem Verhältniss zur Enge der Röhre, im Verhältniss zum Stoff der Röhre, der Flüssigkeit und des Verhältnisses beider zu einander und dann entweder als capillare Elevation oder capillare Depression. Haben die Leute den Durchmesser der Milchsaftgefässe gemessen, die Capillarkraft der Substanz der Röhre und der Flüssigkeit bestimmt und danach ihre Capillarität berechnet? O nein, phantasiren ist viel leichter, als genau messen und rechnen. Wie viel fliesst denn aus einem durchschnittenen Stengel aus? Sehr wenig und man muss ein neues Stück abschneiden, um abermals Saft ausfliessen zu machen und so weiter. Hierbei wäre es gar nicht unwahrscheinlich, dass grade die Capillarität den Saft zurückhielte, nachdem dasjenige abgeflossen ist, was sie nicht halten konnte. Aber auf jeden Fall wirkt beim Ausfliessen auch abgesehen von der wirklichen Bewegung des Saftes in der unverletzten Pflanze doch die Turgescenz des benachbarten Zellgewebes mit und diese Ursache muss ebenfalls erst in Rechnung genommen werden. Sie erklärt z. B. sehr leicht, warum aus dem obern Ende eines

durchschnittenen Stengels mehr Saft ausläuft, als aus dem untern, weil die jüngern Zellen mit zartern Wänden und mehr von Flüssigkeit strotzend sich mehr ausdehnen müssen als die fester verwachsenen, älteren und derbwandigeren des unteren Theils der Pflanze. Ich könnte so noch lange fortfahren, aber es genügt so schon, um zu zeigen, mit welcher gränzenlosen Oberflächlichkeit hier verfahren ist. Ich will keineswegs damit einen Gegenbeweis gegen die Existenz der Bewegung des Milchsafts liefern, sondern nur zeigen, dass der bisherige Weg der Behandlung dieser Lehre zu gar keinen wissenschaftlich brauchbaren Resultaten führen kann.

Wenn man die Thatsachen selbst zu Rathe zieht, so muss man zweierlei genau unterscheiden, die Präparate und die unverletzte Pflanze. Ferner ist hier zu bemerken, dass im ganz jungen Zustande man in den Milchsaftgefässen nur eine klare, wasserhelle Flüssigkeit, also keine Bewegung beobachten kann, und dass in einigermassen alten und dickwandigen Gefässen der Milchsaft auf mannigfache Art coagulirt und in feste Massen umgewandelt erscheint, z. B. in den Euphorbien. Nur im mittleren Zustand ist von einer Bewegung die Rede. Wenn man nun einen Schnitt unters Mikroskop bringt, so bemerkt man eine rasche Bewegung des meistens körnigen [1]) Saftes, oft nebeneinander in entgegengesetzter Richtung, betrachtet man die Enden der durchschnittenen Gefässe, so findet man so oft an beiden Enden desselben Gefässes eine ausgetretene und coagulirte Masse und bemerkt so häufig ein Ausströmen nach beiden Seiten, oder ein anfängliches Ausströmen nach einer Seite, und wenn hier der Ausfluss durch das Coagulum versperrt ist, einen Stillstand und bald darauf ein Ausfliessen nach der andern Seite, dass es unmöglich ist, ohne vorgefasste Ansicht diese Bewegung auf diese Beobachtungen gestützt für eine der Richtung nach bestimmte zu erklären.

Bei unverletzten Pflanzen gelingt es nur höchst selten, die Bewegung des Milchsafts zu sehen, auch bei *Chelidonium majus* ist es nur unter Umständen möglich, die grosse optische Schwierigkeiten darbieten. Leicht dagegen ist es an den Blättern von *Alisma plantago*. Hier beobachtet man allerdings eine Bewegung, nämlich ein Hinströmen bald schneller, bald langsamer, und in demselben Gefäss bald in der einen, bald in der andern Richtung, aber häufig abwechselnd mit sehr langen Perioden

1) *Meyen* hatte eine Zeit, wo ihm überall wie *mouches volantes* Bläschen erschienen, so auch hier. Es sind aber entschieden feste, solide Körnchen.

des Stillstandes. Von einer regelmässigen Bewegung in bestimmter Richtung habe ich nie etwas beobachten können, wie denn überhaupt das Vorgetragene Alles ist, was ich bei der sorgfältigsten Beobachtung an den verschiedenartigsten Pflanzen unter den verschiedensten Umständen als sicheres Resultat habe erhalten können. Dass es bei diesen Grundlagen (und die andern sind mindestens zur Zeit noch streitig) bei unsern überhaupt noch so gränzenlos mangelhaften Kenntnissen über die physikalischen und chemischen Vorgänge in der Pflanze ein ganz kindisches Unternehmen ist eine Theorie auszuspinnen, wird mir gewiss Jeder zugeben, der nur einen ungefähren Begriff von dem hat, was Erfahrung, Hypothese, Induction und Theorie in den Naturwissenschaften eigentlich bedeuten. Wer sich hier mit dem höchst billigen Scherwenzel einer allgemeinen Lebenskraft behelfen will, mag das für sich thun, nur soll er uns nicht weiss machen wollen, dass er damit irgend etwas Tiefes oder überhaupt nur Wissenschaftliches gesagt. Dass auch alle sicheren Thatsachen nicht hinreichen, um eine Analogie mit den Blutbewegungen bei den Thieren zu begründen, wenn dieselbe irgend etwas mehr als müssige Spielerei des Witzes seyn soll, ist ebenfalls klar.

Ueber den Inhalt der Milchsaftgefässe und der andern beiden Gebilde wissen wir noch viel zu wenig. Fast bei jeder Pflanze ist er specifisch verschieden, und oft bei verschiedenen Individuen derselben Art, wenigstens in der Quantität der einzelnen Bestandtheile. Wie es scheint kommt dem Milchsafte ziemlich allgemein ein nach dem Alter und der Vegetationsweise der Pflanze grösserer oder geringerer Gehalt an Kautschouk zu. Auch finden sich im Milchsaft eine Menge ganz eigenthümlicher, meist giftiger oder doch sehr verdächtiger Substanzen. Vom Inhalt der Bastzellen wissen wir gar nichts. Von der Bedeutung des Milchsafts für das Leben der Pflanze, *Schultz's* ganz unbegründete Phantasien bei Seite gesetzt, wissen wir ebenfalls durchaus gar nichts. *Meyen* [1]) stellt alle die Fälle zusammen, wo der Milchsaft unschädlich ist, zeigt, dass in manchen giftigen Milchsäften auch unschädliche Stoffe vorkommen, und schliesst dann, „dass der Milchsaft wenigstens für Menschen und Thiere ein sehr ausgebildeter Nahrungssaft seyn kann, und demnach steht der Annahme, dass derselbe auch in den Pflanzen die Rolle eines ernährenden Saftes versieht, gewiss nichts im Wege“. Mit weniger Logik kann man allerdings nicht leicht zu einem Schluss kommen. Wenn man von den absolut giftigen Milchsäften, der *Antiaris toxicaria, Hippo-*

1) Pflanzenphysiologie Bd. 2, S. 410.

mane, Excoecaria ausgeht, und zeigt, wie oft unschädliche Milchsäfte, z. B. der jungen Salatpflanzen, sobald die Pflanze nur etwas ausgebildet ist, giftig werden, wie man die Mohnpflanze mit Opium, die *Lactuca* mit *Lactucarium* vergiften kann, so wäre doch der Schluss auf das directe Gegentheil noch immer besser begründet. Aber von Schlüssen und Abschluss kann hier überall noch nicht die Rede seyn, sondern nur von Vermuthungen und Andeutungen.

Wahrscheinlich sind alle diese Theile, ähnlich wie die oft ihre Stelle vertretenden Milchsaftgänge, dazu bestimmt, Stoffe aufzunehmen und aus der Wechselwirkung mit den lebendigen Zellen zu entfernen, die sonst dem Leben der Pflanze schädlich würden. Dahin deutet wenigstens, dass sich auch fast alle Pflanzengifte, die es für die Pflanzen, die sie liefern, selbst sind, in den Milchsäften finden. Doch lassen sich bis jetzt nur ganz vage Vermuthungen aussprechen. Ansichten, wie die von *Liebig* [1]), dass „in den Milchsaft führenden Gewächsen Kautschouk das Wasser mit einer undurchdringlichen Hülle umgebe und so die Pflanzen der heissen Klimate gegen Vertrocknung sichere“ aus einer mehr als lächerlichen Unwissenheit hervorgegangen, verdienen kein Wort der Widerlegung.

§. 68.

Vom Filzgewebe der Pilze und Flechten wissen wir ebenfalls noch nichts. Die Zellen führen gewöhnlich einen klaren, farblosen Saft, bei den Flechten zuweilen Luft.

§. 69.

Die Epidermoidalzellen führen klare, wasserhelle oder gefärbte Säfte, selten hin und wieder eigenthümliche Stoffe, z. B. Harz (bei *Aloe nigricans*). Nach Aussen hin zeigt die ächte Epidermis eigenthümliche Secrete, nämlich zuerst einen wachsartigen Stoff gewöhnlich nur als eine zarte die Fläche glatt oder glänzend machende Schicht, seltner in kleinen Körnchen (als

1) Organische Chemie S. 57. Wer mitsprechen will, sollte sich wenigstens bei dem ersten Besten so viel unterrichten, dass er nicht solchen baren Unsinn in den Tag hinein schreibt.

sogenannter Reif, *pruina*), in beiden Fällen die Oberhaut gegen Benetzung und Durchdringung von Wasser schützend, also auch allen Austausch von Gasen und Dünsten unmöglich machend, welcher Austausch nur durch die Spaltöffnungen vermittelt werden kann. Später bildet sich unter dieser ersten Absonderung eine zweite Schicht, aus einem noch nicht näher untersuchten assimilirten Stoffe bestehend, die in manchen Fällen sehr dick wird, und Höcker, Warzen und dergleichen besonders in der Nähe der Spaltöffnungen bildet. Das Leben der Anhänge der Epidermis ist sehr mannigfaltig und wir finden hier wieder sehr verschiedenen Inhalt und eigenthümliche Excrete. Vom Kork wissen wir nur, dass er bald abstirbt und theilweise verwest.

Das Epithelium unterscheidet sich von den Parenchymzellen nur durch seinen wasserhellen Saft. Das Epiblema ist noch nicht genügend untersucht. Sobald sich aber das Epithelium an der Luft zur Epidermis ausbildet, überzieht es sich mit einer zarten Schicht eines Stoffes, der durch absoluten Alkohol und Aether zu entfernen ist, der Epidermis stets einen gewissen Glanz verleiht und sie völlig gegen Benetzung mit Wasser schützt. Dies Letztere ist der wichtigste Punct. Wir wissen, dass zwar eine von Feuchtigkeit durchdrungene Membran dem Verdunsten des von ihr eingeschlossenen Wassers und der Absorption und dem Austausch der Gase kein Hinderniss in den Weg stellt, wohl aber eine trockene. So isolirt die Epidermis die Parenchymzellen gegen jede Einwirkung der Atmosphäre, von der sie durch die Epidermis weder etwas empfangen noch an dieselbe etwas abgeben können. Diese ganze Wechselwirkung bleibt daher auf die Spaltöffnungen beschränkt. Durch diese ist allein Verdunstung und Gasaustausch möglich. Dieser eigenthümliche Ueberzug der Epidermis ist bisher ganz übersehen und nur da erkannt worden, wo er in grösserer Menge in kleinen Körnern als Reif auftritt; er existirt aber bei jeder Epidermis, lässt sich durch Aether entfernen, worauf die Zellen so gut wie alle andern durch Wasser benetzt werden.

Der Zweck dieser Schicht, jede Verdunstung u. s. w. auf der Oberfläche der Gewächse zu verhindern, wird wahrscheinlich noch mehr erreicht durch die zweite Aussonderung. Wenn man ein ganz junges Blatt von *Hyacinthus orientalis* betrachtet, findet man dasselbe nur von einem zarten Epithelium umschlossen, dessen Zellen ein klein wenig nach Aussen sich blasig er-

heben. Sowie sich dies Epithelium weiter entwickelt, zeigt sich zuerst in den Fugen zwischen den einzelnen Zellen eine gelatinöse Substanz, die bald erhärtet und so ein Netz darstellt, dessen Maschen die Zellengränzen bezeichnen. Bald darauf bedecken sich die ganzen Zellen mit einer solchen Schicht, die sich fest mit jenem Netz verbindet und ebenfalls schnell erhärtet. Nun sondern die Epidermiszellen auf ihrer Aussenfläche einen weniger festen und dichten Stoff ab, der jene erste Schicht mit dem Fasernetz in die Höhe hebt und allmälig zu einer bedeutenden Dicke anwächst. Aehnliches kann man fast bei jeder Oberhaut beobachten. Zuweilen tritt die erste Absonderung an bestimmten Stellen, z. B. auf der Mitte der Zelle (*Phormium tenax*), oder an zwei bis drei Puncten, oder an den Rändern der Spaltöffnungen (*Agave americana*) stärker hervor und bildet daselbst Wärzchen und dergleichen. Oft ist sie in der Weise unregelmässig, dass sie wie mit Nadeln eingeritzt erscheint, z. B. bei *Epidendron elongatum*. In den meisten Fällen erscheint diese Absonderung deutlich von der äussern Wand der Epidermiszelle verschieden, oft scheint nur die äussere Wand dicker, aber auch dann lässt sich noch, was sonst leicht geschieht, diese Schicht durch vorsichtig geleitete Maceration darstellen. Dadurch erhält man die von *Brogniart*[1]) *cuticula* genannte Membran. Bei dieser Absonderung geht vielleicht die Absonderung jener wachsartigen Substanz auch fort, denn wir finden die Epidermiszellen um so glänzender und undurchdringlicher für Wasser und schwerer durch Alkohol von dieser Eigenschaft zu befreien, je dicker die letztbeschriebene Schicht ist.

Die zwei Spaltöffnungzellen unterscheiden sich, wie schon früher bemerkt, in ihrem Inhalt und Lebensprocess nicht von denen des darunter liegenden Parenchyms. Die Spalte, die sie zwischen sich lassen, ist an derselben Pflanze zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Stellen verschieden weit geöffnet, und dadurch wird offenbar die Möglichkeit der Communication des Parenchyms mit der Atmosphäre modificirt. Wir sind hier noch sehr zurück und wissen noch nicht einmal, ob ein Turgesciren oder Collabiren der Zellen eine Verengerung der Spalte bedingt. Mir ist das Letzte wahrscheinlicher, weil dadurch bei zu grosser Verdunstung, welche offenbar diese Zellen zuerst trifft, die Verdunstung aufgehalten würde.

Die appendiculären Organe bestehen wieder aus Zellen, die wie das Parenchyma weniger von ihrer Individualität haben aufgeben müssen, deshalb zeigen sich auch in ihnen zahllose eigenthümliche Processe, woraus besondere Substanzen hervor-

1) *Annales des sciences Tom. XXI.*

gehen, die zum Theil abgesondert werden, namentlich klebrige, süsse, harzartige Stoffe und ätherische Oele. Die Verhältnisse sind unendlich mannigfaltig, und das Nöthige zum Theil schon oben bemerkt.

Auf eine Erscheinung muss ich hier noch aufmerksam machen. Die Brennhaare der Borragineen (*Borrago officinalis*) und Urticeen füllen sich im Alter von der Spitze nach der Basis mit einem von der Wand verschiedenen, schichtenweis abgelagerten assimilirten Stoff. Bei den Urticeen (bei den Borragineen habe ich Aehnliches noch nicht finden können) bildet diese Füllmasse, sobald sie bis zur angeschwollenen Basis der Haare herabgestiegen ist, einen in diese letztere hineinragenden zuweilen länger oder kürzer gestielten Ballen (*Ficus*, *Broussonetia*), der zuweilen mit kleinen, kohlensauren Kalkkrystallen besetzt wird. Bei *Cannabis* ragen diese Haare nur mit einer kleinen Spitze über die Oberhaut hervor, bei *Urtica canadensis* liegt nur eine grosse kugelförmige Zelle mit der Fläche der Oberhaut gleich, bei *Parietaria judaica*, *Humulus*, *Forskaelia tenacissima* liegt eine gleiche Zelle unter der Oberhaut. Ich glaube man darf die letzteren als unentwickelte Brennhaare ansehen [1]).

§. 70.

Die Zellen der Wurzelhülle führen nur Luft und dienen vielleicht zur Verdichtung des Wasserdunstes und Zuleitung desselben zum Parenchym der Wurzel.

Abermals ist hier noch ein ungelöstes Räthsel, dessen Deutung ich nicht anders zu geben vermag, obwohl hier mehr die Betrachtung der Verhältnisse, unter welchen diese Wurzeln an Pflanzen, welche meist ohne Boden in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre wachsen, vorkommen, dabei leiten kann. Auf die angebliche grosse Hygroskopicität der Spiralfasern, die von *Meyen* immer hervorgehoben wird, gebe ich nicht viel, mehr auf die höchst poröse Beschaffenheit dieser Schicht, die vielleicht ähnlich einer frisch ausgeglühten Holzkohle wirkt.

1) *Meyen* (*Müller's* Archiv, Jahrg. 1839, S. 257) entdeckte diese Concretionen bei *Ficus*. *Payen* (*Froriep's* Notizen Bd. XVI, Nr. 335) fand sie bei mehreren Pflanzen und verspann sie nach Art der Franzosen gleich zu einer weitläufigen, dem genaueren Physiologen sich gleich von selbst widerlegenden sogenannten Theorie.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Verbesserungen und Zusätze.

Seite 14 Zeile 11 u. 12 v. u. l. an den Polen st. in der kalten Zone
— 31 — 14 v. o. l. dies der st. dieser
— 32 — 4 v. o. l. vor st. von
— 48 — 7 v. o. l. vor st. von
— 53 — 5 v. u. des Textes ist das „zu" zu streichen
— 82 — 14 v. o. l. Spargelrhizom st. Spargelarrhizom
— 83 — 4 v. o. l. Embryosacks st. Embryosods
— 95 — 15 v. o. l. belehrt st. gelehrt
— 103 — 16 v. u. l. *perianthium* st. *perianthicum*
— 126 — 2 v. o. l. Schärfe st. Stärke
— 129 — 8 v. u. l. „nehmen Andere andere kleine" u. s. w.
— 149 — 4 v. u. l. „Ausgleichungen in Folge geringer chemischer Processe
— 161 — 3 v. o. l. ihren Verfassern st. ihnen
— 177 zu Anmerk. 2) ist hinzuzufügen: „vergl. *Wiegmann's* Archiv Jahrg. V (1839) Bd. 1. S. 274.
— 178 Zeile 23 v. o. ist nach „analysirt" einzuschalten: „und auf Aequivalente zurückgeführt"
— 184 zu §. 19. Das allen hier genannten Stoffen zum Grunde liegende ist wahrscheinlich *Mulder's* Protein (vergl. *Lehmann's* physiologische Chemie Bd. 1. S. 165 ff.)
— 188 Zeile 9 v. u. Zusatz nach „ist": „Wenn 2 Membranenstoff (24C, 40H, 20O) 16O absorbiren, so können sich $12 HO^2$ bilden, $6 CO^2$ entweichen und 1 Gerbstoff (18C, 16H, 12O) bleibt übrig. Die Bildung von Gerbstoff lässt sich also bequem als beginnender Verwesungsprocess der Zellenmembran ansehen.
— 190 am Ende Zusatz: man vergleiche über das Ganze auch noch einzelne schöne Ausführungen in dem eben so klaren, als gründlichen Buche von *Lehmann* (Lehrbuch der physiologischen Chemie. Leipzig, 1842, S. 1—81.)
— 192 Zeile 12 v. o. l. Balanophoren st. Balanaphoren
— 203 — 19 v. o. l. *Peltigera* st *Pelligera*
— 209 — 26 v. o. l. misirt st. misrt
— 210 Anmerk. 2) l. *Link El. ph. b. ed. II. T. I. p. 177*
— 214 Zeile 20 v. o. l. *caedrotum* st. *caedratum*
— 217 zu Zeile 20—23 ist zu bemerken, dass nach spätern, genauern Untersuchungen ich bestimmt aussprechen kann, dass die Harzgänge in der Rinde keimender Fichten keine eignen Wände haben, sondern von blasig in den Canal hineinragenden Zellen begränzt sind.

Seite 218 Zeile 2 v. o. hinter „versucht“ ein . st. : In der Anmerk. 2) ist *Vol.* zu streichen

— 224 — 8 v. u. l. ersten st ersteu

— 227 — 14 v. u. l. 2) st. 1)

— 231 — 2 v. u. l. communiciren st. concurriren

— 232 — 14 v. u. l. stechende st. stehende

— 234 — 14 v. u. l. des Ephithelium st. der Epidermis

— 239 — 1 v. o. l. *Oncidium* st. *Oneideum*

— 244 — 11 v. u. Zusatz: Merkwürdig ist, dass, wie bestimmte Pflanzenarten, z. B. *Carices*, eine gewisse Menge freier Humussäure, die doch im Allgemeinen der Vegetation ungünstig ist, zu ihrem Gedeihen zu fordern scheinen, so auch einige Pflanzenarten nur in einem Ueberschuss freier Gerbsäure gedeihen, z. B. die zierliche kleine Conferve, welche die sogen. Schimmelhaut auf Galläpfelinfusionen bildet.

— 262 — 16 v. u. nach 2) ist hinzuzufügen: und *Nägeli* (zur Entwickelungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen. Zürich, 1842.)

— 267 — 4 v. u. l. entsteht st. ersteht

— 269 — 17 v. o. Zusatz: Eine richtigere Darstellung der Entwickelung des Pollens und zugleich eine gründlichere Widerlegung *Meyen's* hat *Nägeli* (zur Entwickelungsgeschichte des Pollens u. s. w.) gegeben

— 277 — 1 u. ff. v. o. Zusatz: Nach den Untersuchungen von *Nägeli* (a. a. O.) wird dieser eigenthümliche Ueberzug entschieden von der Pollenzelle abgesondert, indem die erhabeneren Puncte, Spitzen u s. w. zuerst hervortreten, die der Pollenzelle aufliegende Haut aber zu allerletzt entsteht.

— 278 — 1 v. o. l. einem st. ein.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schleiden, Matthias Jacob,

Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik nebst einer methodologischen Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanze

Bd.: 1

Leipzig 1842

Bamberg, Staatsbibliothek -- Bot.o.65(1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11437524-0